

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Отделение (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Система управления станком наплавки пятников железнодорожных вагонов</b>

УДК 621.791.92.06-52:629.4.02-02

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Афанасьев Никита Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Тутов Иван Андреевич	—		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	К.Х.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Концепция стартап-проекта»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ШИП	Еремина Софья Леонидовна	Д.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Галина Федоровна	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., доцент		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Обладать естественнонаучными и математическими знаниями для решения инженерных задач в области разработки, производства и эксплуатации систем управления техническими объектами и средств автоматизации.
P2	Обладать знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте в области управления техническими объектами с использованием вычислительной техники/
P3	Применять полученные знания (P1 и P2) для формулирования и решения инженерных задач при проектировании, производстве и эксплуатации современных систем управления техническими объектами и их составляющих с использованием передовых научно-технических знаний, достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие методы анализа и синтеза систем управления, методы расчета средств автоматизации, уметь выбирать и использовать подходящее программное обеспечение, техническое оборудование, приборы и оснащение для автоматизации и управления техническими объектами.
P5	Уметь находить электронные и литературные источники информации для решения задач по управлению техническими объектами.
P6	Уметь планировать и проводить эксперименты, обрабатывать данные и проводить моделирование с использованием вычислительной техники, использовать их результаты для ведения инновационной инженерной деятельности в области управления техническими объектами.
P7	Демонстрировать компетенции, связанные с инженерной деятельностью в области научно-исследовательских работ, проектирования и эксплуатации систем управления и средств автоматизации на предприятиях и организациях – потенциальных работодателях, а также готовность следовать их корпоративной культуре.
<b>Универсальные</b>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Уровень образования – Бакалавриат  
 Отделение (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения – осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	75
	Концепция стартап-проекта	15
	Социальная ответственность	10

#### СОСТАВИЛ:

##### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин Максим Владимирович	К.Т.Н.		

#### Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Тутов Иван Андреевич	—		

#### СОГЛАСОВАНО:

##### Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., доцент		



<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка технического задания;</li> <li>– описание пятника железнодорожного вагона;</li> <li>– описание установки;</li> <li>– разработка структурной схемы АС;</li> <li>– выбор средств реализации АС;</li> <li>– разработка электрической принципиальной схемы;</li> <li>– разработка схемы проводок шкафа и пульта управления;</li> <li>– создание чертежа шкафа управления;</li> <li>– разработка алгоритмов работы установки и реализация их в среде OwenLogic;</li> <li>– настройка экрана визуализации программируемого реле;</li> <li>– организация сетевого обмена данными;</li> <li>– разработана САР, предназначенной для поддержания выбранного режима сварки за счет регулирования скорости подачи проволоки.</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– структурная схема;</li> <li>– электрическая принципиальная схема;</li> <li>– схема проводок шкафа управления;</li> <li>– схема проводок пульта управления;</li> <li>– чертеж шкафа управления.</li> </ul>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Концепция стартап-проекта</p>	<p>Еремина Софья Леонидовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Винокурова Галина Федоровна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Conclusion</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель / консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОАР ИШИТР</p>	<p>Скороспешкин Максим Владимирович</p>	<p>к.т.н.</p>		
<p>Старший преподаватель ОАР ИШИТР</p>	<p>Тутов Иван Андреевич</p>	<p>—</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8Т5Б</p>	<p>Афанасьев Никита Андреевич</p>		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «КОНЦЕПЦИЯ СТАРТАП-ПРОЕКТА»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5Б	Афанасьеву Никите Андреевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Перечень вопросов, подлежащих разработке:	
Проблема конечного потребителя, которую решает продукт, который создается в результате выполнения НИОКР	Установка предназначена для автоматической наплавки поверхностей пятников грузовых вагонов.
Способы защиты интеллектуальной собственности	Коммерческая тайна
Объем и емкость рынка	1 004 970 тыс. рублей (723 станка)
Современное состояние и перспективы отрасли, к которой принадлежит представленный в ВКР продукт	Спрос на вагоны превышает предложение. Количество отцепок вагонов в ТОР ежегодно растет. В 2019 году принят национальный проект «Цифровая железная дорога», одно из его направлений – автоматизация ремонтных работ.
Себестоимость продукта	1380 тысяч рублей
Конкурентные преимущества создаваемого продукта	Высокое качество наплавки, современное оборудование, функциональная развитость, ремонтпригодность.
Сравнение технико-экономических характеристик продукта с отечественными аналогами	Ниже конечная стоимость, выше производительность, ниже требования к квалификации персонала.
Целевые сегменты потребителей продукта	Вагоноремонтные заводы и депо
Бизнес-модель проекта	Матрица Остервальдера
Производственный план	1 станок в месяц
План продаж	1 станок в месяц. При расчете учитывались имеющиеся производственные мощности, относительно низкая известность в стране, а также действия конкурентов.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы	Матрица Остервальдера

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ШИП	Еремина Софья Леонидовна	д.э.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Афанасьев Никита Андреевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5Б	Афанасьеву Никите Андреевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

<b>Система управления станком наплавки пятников железнодорожных вагонов</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – установка, предназначенная для восстановления под слоем флюса изношенных поверхностей пятника до альбомных размеров.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ГОСТ 12.0.002-2014 ССБТ. Термины и определения – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования; – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– отклонение показателей микроклимата; – превышение уровня шума; – отсутствие или недостаток естественного света; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенное значение напряжения в сети; – подвижные части производственного оборудования; – термическая опасность.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– выявление загрязнения атмосферы парами сварочного аэрозоля; – утилизация неисправных деталей; – выявление попадания в гидросферу взвешенных веществ и нефтепродуктов при обмывке пятников перед восстановлением.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– возникновение пожара.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Галина Федоровна	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Афанасьев Никита Андреевич		

## Реферат

Пояснительная записка содержит 100 страниц машинописного текста, 15 таблиц, 37 рисунков, 50 использованных источников, 9 приложений.

Цель работы – разработка системы управления станком наплавки пятников железнодорожных вагонов.

В результате была разработана автоматизированная система управления станком наплавки пятников железнодорожных вагонов на базе программируемого реле ОВЕН ПР200.

Разработанная система управления позволит увеличить производительность станка и повысить качество наплавки пятников железнодорожных вагонов.

Пояснительная записка выполнена с помощью текстового редактора Microsoft Word 2016. Помимо этого, для выполнения работы использовались такие программные продукты как: Matlab R2013a, Microsoft Visio 2016, Autodesk Inventor 2020, sPlan, OwenLogic.

Ниже представлен перечень ключевых слов:

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС, СТАНОК, ПЯТНИК, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ НАПЛАВКА, ПРОГРАММИРУЕМОЕ РЕЛЕ, УСТАНОВКА, НАПЛАВОЧНАЯ ГОЛОВКА.



## Содержание

Термины и определения .....	12
Обозначения и сокращения.....	13
Введение.....	14
1 Техническое задание.....	15
1.1 Назначение станка наплавки.....	15
1.2 Основные цели и задачи СУ .....	15
1.3 Требования к техническому обеспечению .....	16
1.4 Требования к программному обеспечению.....	16
2 Основная часть .....	17
2.1 Описание пятника железнодорожного вагона .....	17
2.2 Описание установки.....	19
2.2.1 Устройство и принцип работы.....	19
2.2.2 Управление установкой.....	20
2.3 Структурная схема системы управления.....	23
2.4 Выбор средств реализации системы управления .....	24
2.4.1 Выбор датчиков положения .....	24
2.4.2 Выбор контроллерного оборудования .....	26
2.4.3 Выбор преобразователя частоты .....	28
2.5 Электрическая принципиальная схема .....	29
2.6 Схема проводок .....	30
2.7 Расположение оборудования в шкафу управления .....	31
2.8 Разработка программного обеспечения .....	31
2.8.1 Выбор режима работы установки.....	32
2.8.1.1 Двойной стоп .....	33
2.8.1.2 Конечный автомат выбора режима .....	35
2.8.2 Скорость вращения стола.....	38
2.8.3 Вертикальный и горизонтальный приводы.....	41
2.8.4 Процедура автокалибровки.....	41
2.8.6 Создание визуализации. Работа с экраном.....	42

2.8.7 Сетевой обмен данными .....	43
2.9 Автоматическое поддержание выбранного режима сварки .....	45
2.9.1 Получение математической модели объекта .....	46
2.9.2 Настройка регулятора .....	48
3 Концепция стартап-проекта .....	51
3.1 Название проекта .....	51
3.2 Описание продукта как результата НИР .....	51
3.2.1 Функциональное назначение .....	51
3.2.2 Основные потребительские качества .....	52
3.3 Интеллектуальная собственность .....	53
3.4 Целевой сегмент потребителей продукта .....	54
3.5 Анализ современного состояния .....	54
3.6 Перспективы развития отрасли .....	56
3.7 Объём и емкость рынка .....	57
3.8 Планируемая стоимость продукта .....	60
3.9 Конкурентные преимущества .....	61
3.10 Стратегия продвижения продукта на рынок .....	63
3.11 Бизнес-модель .....	63
4 Социальная ответственность .....	65
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	66
4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	66
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	67
4.2 Производственная безопасность .....	68
4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования .....	68
4.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов .....	69
4.2.2.1 Микроклимат .....	69
4.2.2.2 Шум .....	69
4.2.2.3 Освещение .....	70

4.2.2.4 Электробезопасность .....	70
4.2.2.5 Производственные процессы .....	71
4.2.2.6 Термическая опасность.....	71
4.3 Экологическая безопасность.....	72
4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на атмосферу .....	72
4.3.2 Анализ влияния объекта исследования на литосферу .....	73
4.3.3 Анализ влияния объекта исследования на гидросферу .....	73
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	73
4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований .....	73
4.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	73
4.5 Методы защиты программного кода.....	75
4.6 Вывод по разделу .....	75
Заключение .....	77
Conclusion.....	78
Список публикаций студента.....	79
Список использованных источников .....	81
Приложение А. Структурная схема АС.....	87
Приложение Б. Схема проводок шкафа управления.....	89
Приложение В. Схема проводок пульта управления.....	91
Приложение Г. Чертеж шкафа управления .....	93
Приложение Д. Коммутационная программа системы управления.....	95
Приложение Е. Входы/выходы ПР и соответствующие им переменные.....	96
Приложение Ж. Входы/выходы ПРМ и соответствующие им переменные. ..	97
Приложение К. Локальные и сетевые переменные.....	98
Приложение Л. Схема управления ДПТ.....	99

## Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**автоматизированная система (АС):** Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций.

**интерфейс:** Совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил взаимодействия (управления, контроля и т.д.) между элементами системы.

**протокол:** Набор правил и действий (очередности действий), позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включенными в сеть устройствами.

**архитектура АС:** Набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых компонуется АС.

**конечный автомат:** Математическая модель, позволяющая описывать пути изменения состояния объекта в зависимости от его текущего состояния и входных данных, при условии, что общее количество состояний конечно.

**карта Карно:** Графический способ минимизации переключательных (булевых) функций, обеспечивающий относительную простоту работы с большими выражениями.

**комбинационная схема:** Схема, у которой выходные сигналы в любой момент дискретного времени однозначно определяются совокупностью входных сигналов, поступающих в тот же момент времени.

## **Обозначения и сокращения**

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

FBD – FunctionalBlockDiagram – диаграммы функциональных блоков;

IP – Ingress Protection – степень защиты;

АД – асинхронный двигатель;

АС – автоматизированная система;

ДКА – детерминированный конечный автомат;

ДОС – датчик обратной связи;

ДПТ – двигатель постоянного тока;

ИМ – исполнительный механизм;

КА – конечный автомат;

КС – комбинационная схема;

ПК – персональный компьютер;

ПО – программное обеспечение;

ПР – программируемое реле;

ПЧ – преобразователь частоты;

САР – система автоматического регулирования.

СУ – система управления;

УН – установка наплавочная;

ФБ – функциональный блок;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

## **Введение**

Одним из основных видов транспорта в России является железнодорожный: на его долю приходится 45,8 % всего грузооборота страны. Вагон – это ключевое звено в цепи организации перевозочного процесса. Его техническое состояние определяет эффективность работы отрасли.

В настоящее время спрос на вагоны превышает предложение [1]. Связано это с тем, что количество вагонов на сети сокращается, качество ремонта ухудшается. Количество отцепок грузовых вагонов в техническое обслуживание и ремонт ежегодно увеличивается.

Одной из причин простоя вагонов является износ пятника, который располагается на тележке вагона и находится в условиях сухого трения при наличии высоких контактных давлений и динамического воздействия при обеспечении прохождения кривых участков пути.

Ремонт вагонных узлов и деталей осуществляется в вагонных ремонтных депо. Ремонт деталей наплавкой наиболее экономичный, не требует сложного оборудования и прост при выполнении технологического процесса.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что в вагонных депо необходимо внедрять более эффективные методы ремонта, направленные на увеличение производительности и качества наплавки пятников. Стоит также отметить, что отливать новые пятники во много раз дороже, чем ремонтировать старые. Предлагаемое решение можно считать эффективной современной технологией восстановления изношенных пятников.

## **1 Техническое задание**

### **1.1 Назначение станка наплавки**

Установка наплавочная предназначена для автоматической наплавки поверхностей пятника двухосных тележек модели 18-100 (ЦНИИ-ХЗ) грузовых вагонов.

На установке выполняется автоматическая электродуговая наплавка под слоем флюса изнашиваемых поверхностей пятника:

- опорной поверхности пятника с регулируемым смещением электрода на шаг наплавки;
- наружной поверхности бурта пятника.

### **1.2 Основные цели и задачи СУ**

Целью системы является управление станком наплавки пятников железнодорожных вагонов и автоматизация процесса.

Задачи:

1. Управление горизонтальным и вертикальным перемещением наплавочной головки:

- выполнение блокировок (привод вертикальных и горизонтальных перемещений работает до достижения крайних положений);
- регулирование скорости перемещения;
- регулирование величины шага наплавки;
- изменение направления перемещения.

2. Управление вращением и степенью наклона поворотного стола, на котором крепится пятник:

- выполнение блокировок (привод наклона стола работает до достижения крайних перемещений);
- регулирование скорости вращения стола;
- изменение направления вращения и наклона поворотного стола.

3. Управление приводом подачи проволоки:

- регулирование скорости подачи проволоки;

- изменение направления подачи проволоки.

4. Управление сваркой:

- регулирование величины напряжения;
- регулирование величины тока;
- выдача разрешения/запрета автоматической наплавки.

5. Сигнализация о наличии сетевого питания.

6. Сигнализация о выбранном режиме работы установки.

7. Аварийное отключение.

### **1.3 Требования к техническому обеспечению**

Комплекс используемых в системе технических средств должен быть минимально достаточным для обеспечения функций, указанных в ТЗ.

Применяемые технические средства должны:

1. быть ремонтпригодными и заменяемыми;
2. работать от питания промышленных сетей 380 В, 50 Гц.

Станок наплавки пятников должен находиться в закрытом помещении при температуре от 5 до 40 °С и относительной влажности не более 80 % при 25 °С. Степень защиты технических средств от пыли и влаги должна быть не менее IP65.

### **1.4 Требования к программному обеспечению**

Программные средства должны быть достаточными для обеспечения заданного функционала системы при их совместной работе с техническими средствами. Построение программного обеспечения должно отвечать требованию независимости: отсутствие отдельных данных не должно оказывать влияния на выполнении функций станка, в работе которых эти данные не участвуют.

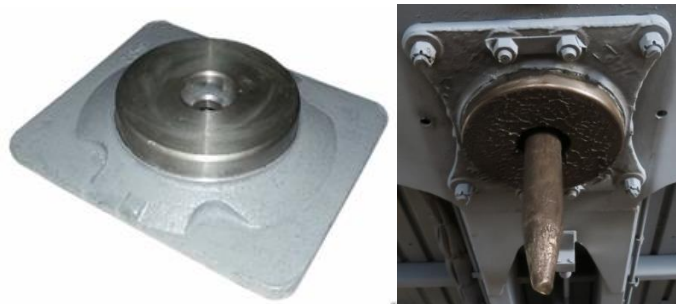
Промышленные языки программирования должны соответствовать стандарту ГОСТ Р МЭК 61131-3.



## 2 Основная часть

### 2.1 Описание пятника железнодорожного вагона

Пятником (рисунок 1) принято называть центральную опору между рамой вагона и тележкой, около которой последняя может поворачиваться (до  $15^\circ$  при движении).

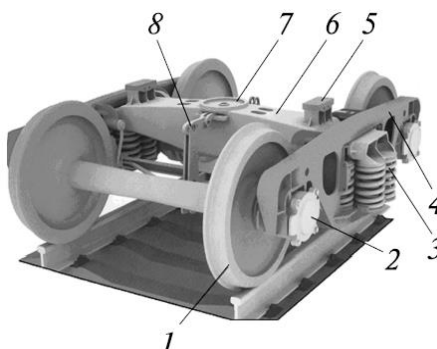


а) внешний вид; б) крепление на раме вагона

Рисунок 1 – Пятник

Пятник состоит из двух частей: верхней, прикрепленной снизу рамы вагона в середине шкворневой балки (пята рамы), и нижней, прикрепленной сверху в середине надрессорной балки тележки (пятник тележки). В середине пятника имеется отверстие, в которое вставляется стальной шкворень [2].

Основной тип тележки, эксплуатируемой под грузовыми вагонами - двухосная с литыми боковыми рамами типа ЦНИИ-ХЗ (модель 18-100). На рисунке 2 представлены узлы и детали этой тележки [3].

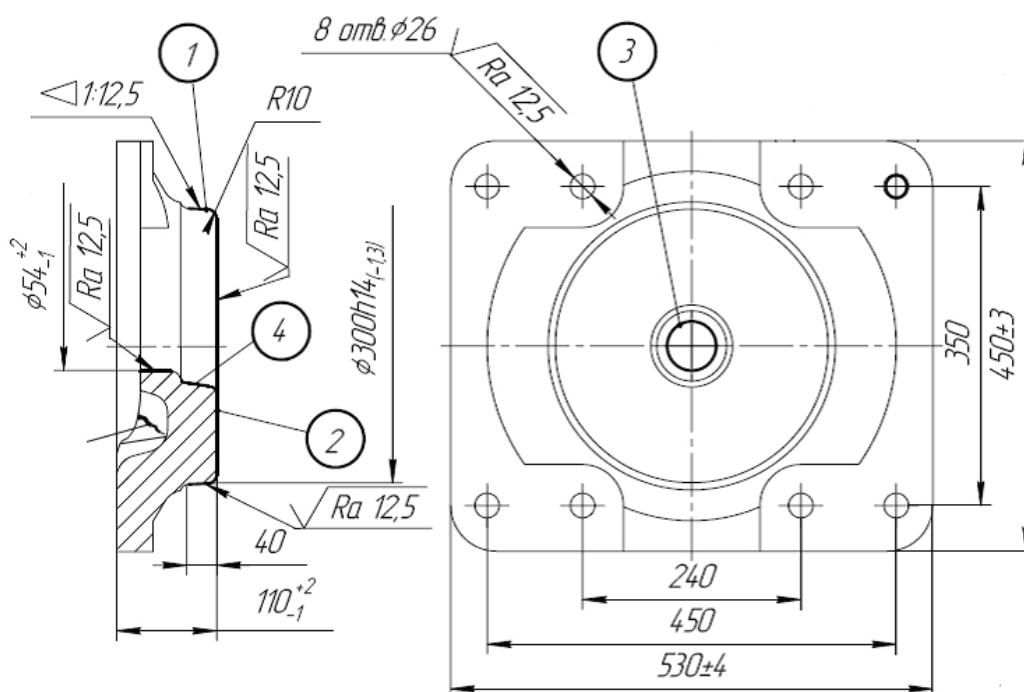


1 – колесная пара; 2 – буксовый узел; 3 – комплект центрального подвешивания; 4 – литая рама; 5 – скользящий элемент; 6 – надрессорная балка; 7 – подпятник; 8 – тормозная рычажная передача

Рисунок 2 – Грузовая тележка

Узел пятник-подпятник является одним из ответственных и быстро изнашивающихся узлов трения грузовой тележки. Через поверхности пятника и подпятника при перемещении вагона передается более половины веса кузова с грузом (вертикальные нагрузки); при торможении-трогании состава, а также при прохождении кривых участков пути часть нагрузок переносится на боковые упорные поверхности (горизонтальные нагрузки). В процессе движения ввиду колебаний рессорного подвешивания, наличия неровностей пути пятник совершают относительные перемещения во всех направлениях относительно зон подпятника. Значительный износ наблюдается через 1-2 года эксплуатации и приводит к ухудшению боковой устойчивости, что может повлечь сход вагона [4].

При всех видах ремонта вагонов разрешается восстанавливать наплавкой поверхности пятника, указанные на рисунке 13, при условии, что глубина износа не превышает 7 мм [Ошибка! Источник ссылки не найден.].



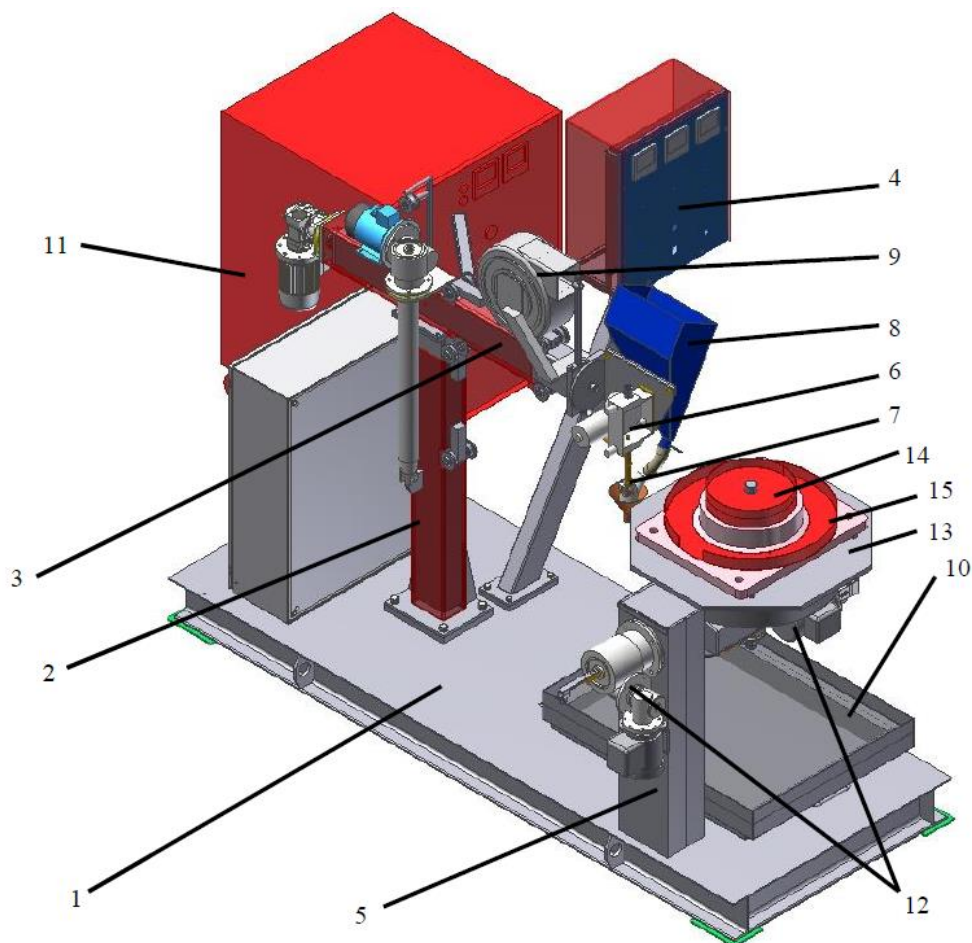
- 1 – упорная поверхность; 2 – опорная поверхность;  
3 – отверстие под шкворень; 4 – внутренняя боковая поверхность

Рисунок 3 – Дефекты пятника

## 2.2 Описание установки

### 2.2.1 Устройство и принцип работы

Устройство установки представлено на рисунке 4.



1 – основание; 2 – колонна манипулятора; 3 – горизонтальная стрела;  
4 – пульт управления; 5 – колонна стола; 6 – механизм подачи проволоки;  
7 – головка наплавочная; 8 – бункер для флюса; 9 – катушка с проволокой;  
10 – поддон для просеивания флюса; 11 – управляемый сварочный источник  
питания ВДУ 506С; 12 – привод вращения стола (привод наклона стола);  
13 – стол поворотный; 14 – пятник; 15 – ограждение.

Рисунок 4 – Внешний вид станка наплавки пятников

Установка состоит из основания (рисунок 4) (позиция 1), на котором установлены: колонна поворотного стола (позиция 5) для вращения пятника с регулируемой скоростью и в необходимой плоскости; колонна манипулятора (позиция 2), на которой установлена горизонтальная стрела (позиция 3) с

механизмом перемещения наплавочной головки и самой наплавочной головкой (позиция 7) с закрепленном на ней бункером для флюса (позиция 8). На боковой колонне установлен пульт управления установки (позиция 4). Механизм перемещения наплавочной головки обеспечивается движением электроприводов по горизонтали и вертикали. Привод перемещения осуществляется от двигателя переменного тока с плавным регулированием скорости до достижения крайних положений. Подвод наплавочной головки к месту наплавки и ее отвода после наплавки при необходимости осуществляется с пульта управления.

Механизм подачи проволоки (позиция 6), установлен непосредственно на наплавочной головке (позиция 7). Катушка с электродной проволокой (позиция 9) для наплавочной головки установлена на горизонтальной стреле.

Изделие (пятник) устанавливается на поворотном столе (позиция 13). Поворотный стол оснащен двусосным электроприводом, который позволяет вращать пятник в горизонтальной и вертикальной плоскости. Управление работой установки и управление сварочным процессом осуществляется при помощи пульта управления (позиция 4) размещенного на боковой колонне. На этом же пульте размещены джойстики, кнопки и тумблера управления установкой в режиме наладки и работы, индикация наличия сетевого напряжения и режима работы. Пульт управления соединен со сварочным выпрямителем (ВДУ-506С позиция 11) кабелем управления.

Поддон для просеивания флюса (позиция 10) используется с целью использования не расплавившейся части флюса повторно после просева.

### **2.2.2 Управление установкой**

Вид передней панели пульта управления приведен на рисунке 5. На пульте расположены вольтметр и амперметр для контроля режимов работы установки (позиции 1-2).

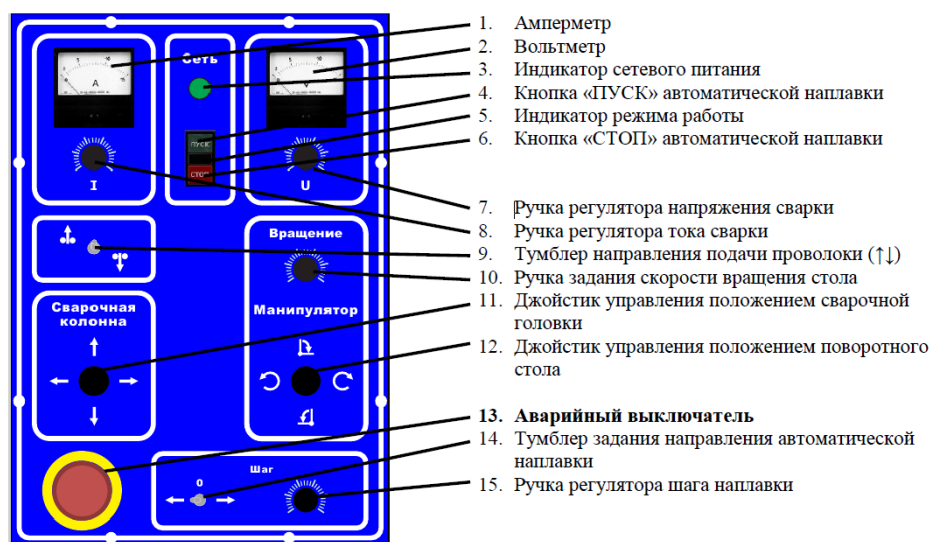


Рисунок 5 – Лицевая панель пульта управления

Электропитание на установку подается с помощью поворотного выключателя, расположенного на боковой стенке шкафа автоматики. Индикатор «СЕТЬ» (позиция 3) указывает о наличии питающего напряжения на установке.

После подачи электропитания выполняется автокалибровка станка, в ходе которой станок совершает автономные перемещения, в соответствии с процедурой автокалибровки.

В случае внештатной или аварийной ситуации установка обесточивается нажатием аварийного выключателя (рисунок 2 позиция 13).

В режиме «Ручной» производится настройка положения наплавочной головки. Кнопка «Пуск» (позиция 4) осуществляет включение установки в режиме «Наплавка». Во время работы установки в этом режиме светится оранжевый индикатор (позиция 5). Выход из режима «Наплавка» и переход в режим «Ручной» осуществляется нажатием кнопки «Стоп» (позиция 6).

Ручной режим доступен после завершения процедуры автокалибровки и устроен следующим образом:

– управление наклоном стола осуществляется правым джойстиком (вверх-вниз, позиция 12),

– управление вращением стола осуществляется правым джойстиком (влево-вправо, позиция 12). Скорость вращения стола задаётся поворотом ручки «Вращение» (позиция 10),

– управление высотой наплавочной головки осуществляется левым джойстиком (вверх-вниз, позиция 11). При зажатии кнопки джойстика перемещение осуществляется на большей скорости. При отпущенной кнопке джойстика перемещение осуществляется на малой скорости для более точного позиционирования наплавочной головки,

– управление горизонтальным перемещением наплавочной головки осуществляется левым джойстиком (влево-вправо, позиция 11). При зажатии кнопки джойстика перемещение осуществляется на большей скорости с замедлением у крайних положений. При отпущенной кнопке джойстика перемещение осуществляется на малой скорости,

– сварочный источник питания в ручном режиме выключен,

– управление подачей сварочной проволоки и её направление осуществляется тумблером (позиция 9, вверх - вниз),

– для повторного выполнения процедуры автокалибровки необходимо дважды нажать на кнопку «Стоп» (позиция 6).

Работа установки в режиме «Наплавка» осуществляется следующим образом:

– управление наклоном стола (правый джойстик, вверх-вниз) блокируется,

– управление направлением вращения стола (правый джойстик, влево-вправо) блокируется. Скорость вращения стола определяется автоматически исходя из заданной линейной скорости наплавки, задаваемой ручкой «Вращение» (позиция 10) и текущим горизонтальным положением наплавочной головки,

– управление высотой наплавочной головки осуществляется левым джойстиком (вверх-вниз, позиция 11). При движении джойстика и зажатии его кнопки перемещение осуществляется на малой скорости для внесения

корректировок в процесс сварки. При отпущенной кнопке джойстика перемещение не осуществляется (предотвращение случайных движений),

– управление горизонтальным перемещением наплавочной головки осуществляется автоматически в соответствии с положением тумблера (позиция 14, влево – наплавка от края к центру, по центру – наплавка кольцевой формы, вправо – наплавка от центра к краю). Шаг наплавки задаётся ручкой «Величина шага» (позиция 15) на пульте управления. При движении джойстика и зажатии его кнопки перемещение осуществляется на малой скорости для внесения корректировок в процесс наплавки. При отпущенной кнопке джойстика перемещение не осуществляется (предотвращение случайных движений),

– управляемый сварочный источник питания управляется ручками «ток» и «напряжение» (позиция 7, 8), с соответствующим выводом показаний на показывающие стрелочные приборы (позиция 1, 2).

### **2.3 Структурная схема системы управления**

Структурная схема системы управления станком приведена в приложении А.

Сигналы с пульта управления и индикации поступают на сварочный аппарат, на программируемое реле, а также на плату управления ДПТ.

Блок управления приводами служит для преобразования информации, получаемой с выхода ПР, в форму, пригодную для управления приводами. В разработанном устройстве он включает в себя три преобразователя частоты, схему управления контакторами наклона стола и плату управления ДПТ.

В процессе работы приводов происходит перемещение управляемого объекта. Например, поворотного стола или наплавочной головки.

Датчики обратной связи (ДОС) являются основными элементами в замкнутых системах автоматического управления. На обратных связях основано перемещение и позиционирование станка, а также автоматическое поддержание режима сварки.

## **2.4 Выбор средств реализации системы управления**

### **2.4.1 Выбор датчиков положения**

Датчики положения являются первичными источниками информации для систем автоматики. В разработанном станке необходимо 8 концевых выключателей: 4 из них сигнализируют о достижении крайних положений колонной и стрелой манипулятора, другие 2 необходимы для фиксации момента достижения крайних положений приводом наклона стола, следующий выступает в роли датчика оборота поворота стола и оставшийся необходим для отслеживания текущего горизонтального положения наплавочной головки (входит в состав инкрементального энкодера).

Рассмотрим и сравним три вида наиболее распространённых датчиков положения: оптический, механический и индуктивный.

В оптических датчиках (рисунок 6) есть источник света и фотоприемник, которые находятся прямо в корпусе. Датчик используется в ряде станков, где нужна повышенная точность обработки, вплоть до 1 мкм. Недостатком является то, что такие датчики чувствительны к загрязнению, подвержены влиянию постороннего света, а также температуры [6].

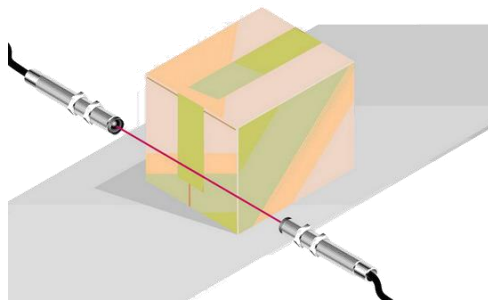


Рисунок 6 – Принцип действия оптического датчика положения

Механические датчики положения (рисунок 7) — концевые выключатели, которые служат для контактной работы с объектом.



Рисунок 7 – Механический датчик положения



У датчиков такого типа есть механический износ, отказы, связанные с состоянием контактов.

Индуктивные датчики положения (рисунок 8) активно применяются в различных видах машин, станков и механизмов для контроля положения отдельных элементов. Индуктивный датчик – это датчик бесконтактного типа, который переключает состояние выхода при приближении металла к чувствительной поверхности [7].



Рисунок 8 – Индуктивный датчик положения

В результате сравнения был выбран индуктивный датчик, благодаря надежности его работы в тяжелых промышленных условиях, относительно низкой стоимости, реакции только на металл. В случае наседания слоя пыли индуктивный датчик стабильно работает в отличие от рассмотренных выше датчиков.

Выбор пал между следующими индуктивными датчиками, характеристики которых представлены в таблице 1.

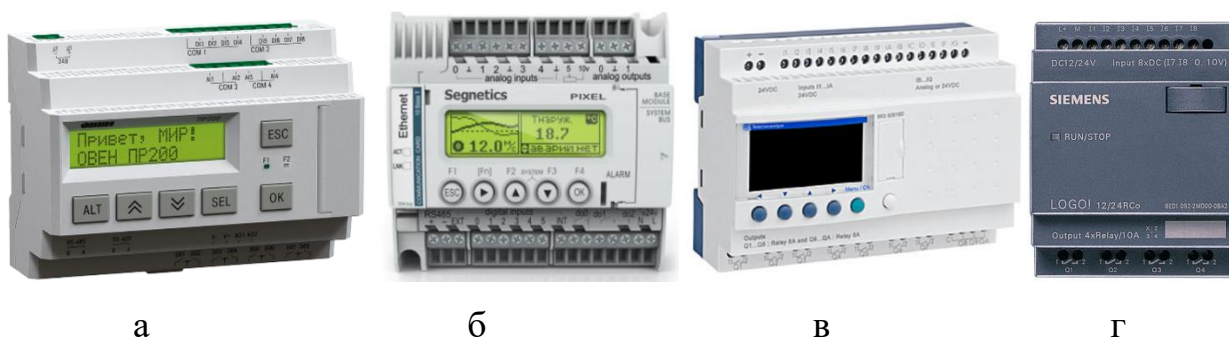
Таблица 1 – Сравнение характеристик индуктивных датчиков

Производитель	Мега-К	SICK	CarloGavazzi
Модель	PS2-12M33-4B11-K	IME12-04NPSZW2S	IA18DSN14PO
Расстояние срабатывания, мм	4	4	14
Частота переключения, Гц	650	2000	700
Длина, мм	33	63	34
Способ монтажа	заподлицо	заподлицо	не заподлицо
Цена, руб.	1000	1400	1500

Из трех вариантов была выбрана модель производства Мега-К. Выбор обусловлен тем, что важен способ монтажа заподлицо, а также расстояние срабатывания. Ключевым фактором стала цена.

## 2.4.2 Выбор контроллерного оборудования

В процессе выбора контроллерного оборудования были отобраны 4 вида программируемых реле: Овен ПР200, Segnetics PIXEL 2515, Zelio Logic SR3B261BD компании Schneider Electric, Siemens LOGO! 24RCo (рисунок 9). Это контроллеры, предназначенные для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности.



а

б

в

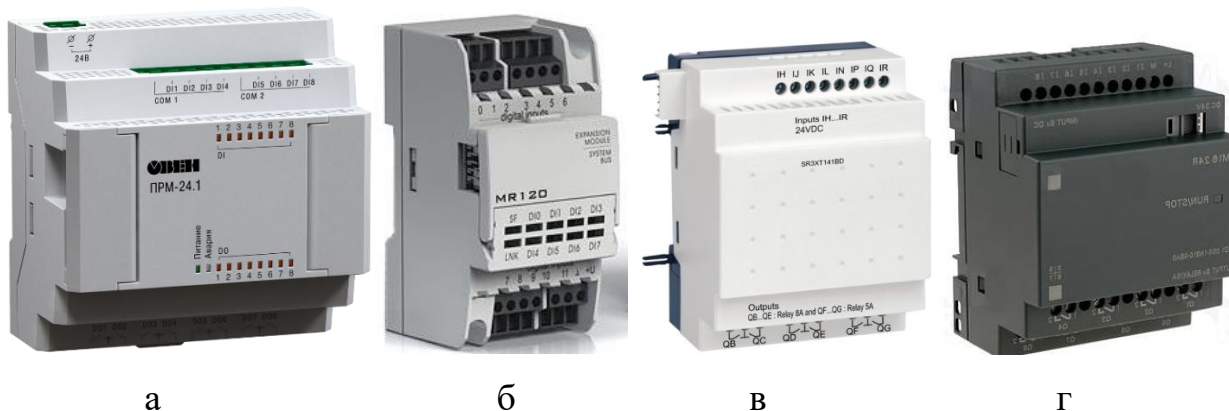
г

а) Овен ПР200; б) Segnetics PIXEL 2515;

в) Zelio Logic SR3B261BD; г) Siemens LOGO! 24RCo

Рисунок 9 – Контроллерное оборудование

Для реализации СУ станком наплавки необходимо 17 дискретных и 2 аналоговых входа. Их внешний вид представлен на рисунке 10.



а

б

в

г

а) Овен PPM-24.1; б) Segnetics MR 120;

в) Zelio Logic SR3XT141BD; г) Siemens LOGO! DM16

Рисунок 10 – Модули расширения

Технические параметры, по которым сравнивались данные контроллеры, приведены в таблицах 2-3.

Таблица 2 – Сравнение технических характеристик ПР

Производитель		OBEH	Segnetics	Schneider Electric	Siemens
Серия		PP200	PIXEL	ZelioLogic	LOGO!
Модель		24.2.1.0	2515	SR2B121B	24 RCo
Напряжение питания, В		24	24	24	24
Класс защиты		IP20	IP 20	IP20	IP20
Входы	Дискретные	8	6	10	4
	Аналоговые	4	6	6	4
Выходы	Дискретные	8	3	10	4
	Аналоговые	2	2	0	0
Расширяемое исполнение		+	+	+	+
Интерфейс RS485		+	+	Модуль	-
Порт для программирования		MiniUSB	Ethernet	SR2CBL	LOGO!
Цена, руб.		8 000	9 500	9 000	8000

Таблица 3 – Сравнение технических характеристик модулей расширения

Производитель	OBEH	Segnetics	Schneider Electric	Siemens
Серия	PPM	MR	ZelioLogic	LOGO!
Модель	PPM-24.1	MR120-00	SR3XT141BD	DM16
Дискретные входы	8	12	8	8
Дискретные выходы	8	0	6	4
Цена, руб.	4000	5500	8000	7500

В результате было выбрано исполнение компании OBEH. С точки зрения экономических затрат, этот вариант дешевле остальных приведенных. Подключение к ПК производится посредством распространенного стандартного MiniUSB-кабеля. Написание алгоритма осуществляется пользователем с помощью бесплатной среды программирования OWEN Logic. Аналоговые входы могут работать в режиме дискретных [8].

### 2.4.3 Выбор преобразователя частоты

Для разработки системы управления станком наплавки пятников были рассмотрены три наиболее подходящих преобразователя частоты: Овен ПЧВ1, Schneider Electric Altivar 31C, Siemens SINAMICS G110 (рисунок 11).



а



б



в

а) ПЧВ1; б) Altivar 31C; в) SINAMICS G110

Рисунок 11 – Преобразователи частоты

Основные технические характеристики выбранных преобразователей частоты приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение технических характеристик ПЧ

Производитель	Овен	Schneider Electric	Siemens
Серия	ПЧВ1	Altivar 31C	Sinamics G110
Модель	ПЧВ101-K37-A	ATV31C037M2	6SL3211-0AB13-7UA1
Мощность, кВт	0,37	0,37	0,37
Выходная частота, Гц	(0 – 400)	(0,5 – 500)	(0 – 650)
Интерфейс RS485	+	+	+
Векторное управление	+	+	-
Цена, руб.	8 000	14 000	9 000

В итоге был выбран преобразователь частоты ОВЕН ПЧВ101-K37-A, удовлетворяющий всем заявленным критериям и характеризуется невысокой стоимостью [9]. Одним из немаловажных преимуществ покупки оборудования отечественного производства ОВЕН – бесплатное программное обеспечение и его комплексная техническая поддержка.

## 2.5 Электрическая принципиальная схема

Напряжение питания А, В, С поступает на входные клеммы переключателя SB1. При его переключении в положение «ВКЛ» электропитание подается на главный автоматический выключатель QF1. После чего, питающее напряжение через магнитный пускатель KM1 поступает далее к внутренним потребителям. Выключить обмотку пускателя KM1 можно нажав на кнопку SB11 «Аварийный стоп».

Питание каждого потребителя производится через свой автоматический выключатель.

Пуск двигателя M1, осуществляющего наклон стола, производится путем подключения обмотки статора на напряжение питающей сети. Реверсирование двигателя M1 осуществляется контактами магнитных пускателей KM2 и KM3. Управление наклоном стола возможно только в ручном режиме. То есть, если выбранный режим установки – ручной, то происходит коммутация питания на выходе DO 1.1 ПР200. При подаче команды на наклон стола в том или ином направлении с помощью кнопок управления SB2-3 подается питание на промежуточное реле K2 или K3. Это включает обмотку магнитного пускателя KM2 или KM3. Остановка ИМ происходит по срабатыванию конечных выключателей SA2-3.

Для исключения одновременного включения обмоток магнитных пускателей KM2 и KM3 используется электрическая блокировка, выполненная путем введения в цепь питания обмотки промежуточного реле K2 размыкающего блок-контакта K3.1 реле K3, а в цепь питания K3 – соответствующего блок-контакта K2.1 реле K2.

Когда замыкаются контакты, которые на схеме находятся под сокращением KM2-3, тогда происходит включение трех фаз, которые пускают ток через тепловое реле (ТР) на обмотки двигателя, который включается в работу. Если сила тока будет расти, при превышении допустимого крутящего момента, тогда из-за воздействия контактных

площадок ТР под сокращением КК1 произойдет размыкание трех фаз и пускатель обесточивается, а соответственно останавливается и двигатель М1.

Управление вращением стола также возможно только в ручном режиме (выход ПР200 DO 1.1 активирован).

Скорость вращения стола задаётся поворотом ручки «Вращение» (изменением сопротивления резистора R2). Информация о заданной скорости поступает на аналоговый вход AI 1.1 ПР200.

При подаче команды о вращении стола в том или ином направлении с помощью кнопок управления SB4-5 на входы DI 1.7-1.8 ПР200 приходят соответствующие сигналы.

На основании этих сигналов формируется сигнал, который по интерфейсу RS-485 посылается на ПЧ А1. Этот преобразователь вырабатывает нужную частоту переменного тока для электродвигателя М2.

Управление горизонтальным и вертикальным перемещением наплавочной головки, режимом наплавки, сварочным аппаратом и приводом подачи проволоки осуществляется по аналогии с тем, что описано выше, в соответствии с алгоритмом, прописанным в п. 2.2.2.

## **2.6 Схема проводок**

Для подключения датчиков и прочих приборов, расположенных за пределами шкафа автоматизации используются внешние проводки. Схема внешних проводок отражает реальную схему подключения приборов и кабелей по клеммным коробкам. Это необходимо для максимального упрощения обслуживания и поиска поломки, а также для пуско-наладки и дальнейшей модернизации системы. Среди внешних приборов присутствуют как дискретные приборы, так и аналоговые. Схема внешних проводок шкафа управления представлена в приложении Б, а пульта управления – в приложении В.

## **2.7 Расположение оборудования в шкафу управления**

Чертеж расположения оборудования в шкафу управления приведен в приложении Г.

В верхнем ряду приборов размещена розетка XS0 220VAC для подключения внешних приборов, автоматические выключатели QF1-8 и магнитный пускатель КМ3.

Ниже располагается ряд приборов, включающий свободно программируемое реле ПР200 вместе с модулем расширения ПРМ, 2 магнитных пускателя КМ1 и КМ2 и 3 реле К1-3.

Также установлены два блока питания G1 и G2 220VAC/24VDC. Первый предназначен для питания платы управления ДПТ, а второй обеспечивает питания всей автоматики. Помимо этого, в шкафу располагается 3 частотных преобразователя А1-3, нулевая шина и ряд клеммных коробок ХТ1-3.

При компоновке средств автоматизации в силовом шкафу автоматики учитывалось:

- назначение и количество приборов и устройств;
- удобство монтажа и эксплуатации;
- безопасность обслуживания.

Для удобства монтажа ввод кабелей осуществляется снизу. Крепление на монтажную панель части элементов осуществлено методом «под винт», остальные установлены на DIN-рельс. По периметру монтажной плоскости и между рядами приборов используются перфорированные короба.

## **2.8 Разработка программного обеспечения**

Для программирования ПР200 использована программная среда OWEN Logic. Для составления программы был использован язык функциональных блоков FBD [10].

Программа, реализующая управление станком наплавки пятников железнодорожных вагонов, представлена в приложении Д. В приложении Е и

Ж приводится описание входов ПР200 и ПРМ соответственно, а также соответствующих им переменных. А в приложении К представлено описание локальных и сетевых переменных проекта.

Видно, что программа состоит из 5 подпрограмм:

- 1) выбор режима работы установки;
- 2) процедура автокалибровки станка;
- 3) управление высотой наплавочной головки;
- 4) управление горизонтальным перемещением наплавочной головки;
- 5) управление скоростью вращения стола.

Подпрограммы принято называть макросами. Под макросом подразумевается функциональный блок (ФБ), разработанный пользователем. Как правило, это логически завершённый фрагмент программного кода, предназначенный для решения определенной задачи.

### **2.8.1 Выбор режима работы установки**

Существуют три режима работы установки: ручной режим (Р), автокалибровка (А) и режим «Наплавка» (Н).

Автокалибровка осуществляется после подачи электропитания, если её выполнение предусмотрено настройкой. Во время калибровки стрела и колонна манипулятора совершают автономные запрограммированные перемещения, в ходе которых сварочная головка выставляется в нулевую координату горизонтальной оси. От нулевой координаты производится вычисление текущего горизонтального положения сварочной головки по сигналу от инкрементального энкодера. В свою очередь эта координата нужна для вычисления угловой скорости вращения поворотного стола, чтобы поддерживать линейную скорость наплавки.

Ручной режим используется для подвода сварочной головки к месту начала наплавки и корректировки её положения в ходе работы станка для тщательного выравнивания неровностей и исправление дефектов в виде пор, раковин, каверн.



В режиме «Наплавка» осуществляется процесс наплавки на регулируемых режимах.

В макросе, представленном на рисунке 12, осуществлена возможность переключаться между этими режимами.

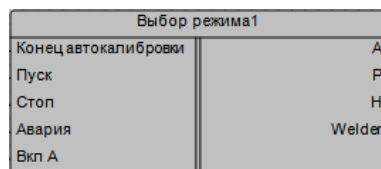


Рисунок 12– Функциональный блок выбора режима работы

Ручной режим доступен после завершения процедуры автокалибровки либо если она не выполнялась (сигнал «Вкл А» равен лог. «0»), то сразу после подачи питания. Переход из автокалибровки в ручной режим осуществляется при выдаче сигнала «Конец автокалибровки». Для повторного выполнения процедуры автокалибровки необходимо дважды нажать на кнопку «Стоп».

При выходе из строя джойстика и/или тумблера установка должна переходить в режим «Авария». При этом лог. «1» поступает на вход «Авария». Режим «Авария» – это не что иное, как ручной режим, но при этом блокируется приём каких-либо команд с пульта управления, пока не будет осуществлен сброс с контроллера. Если вводить дополнительное состояние «Авария», то нужно усложнять схему и делать дополнительно дешифратор аварии. Проще сделать состояние в ведомых автоматах, что исключает процедуру дешифрации.

#### 2.8.1.1 Двойной стоп

Для выхода из ручного режима и повторного выполнения процедуры автокалибровки необходимо дважды нажать на кнопку «Стоп» (переменная X2). Но это будет иметь смысл лишь в том случае, если процедура автокалибровки активирована с экрана ПР200. В противном случае ничего не произойдет – реакции на выходной сигнал из этого макроса не последует. Вкладка «Редактор макроса» представлена на рисунке 13.

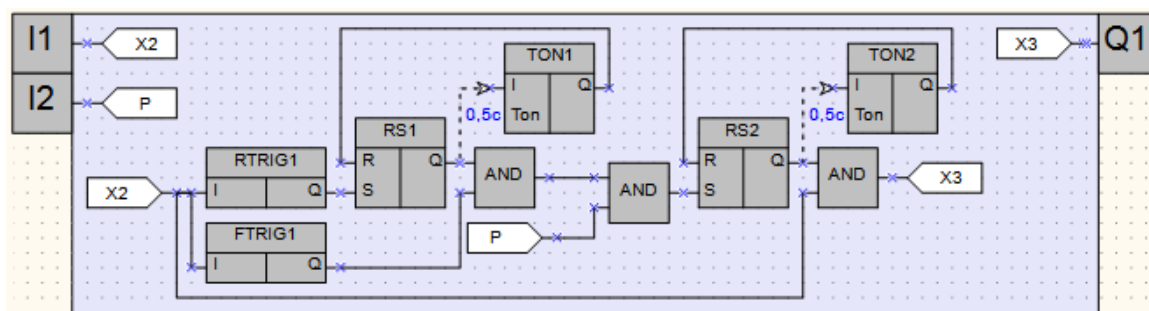


Рисунок 13 – Редактор макроса «Двойной стоп»

Оператор должен подтверждать работу именно переключением клавиши, так как необходимо исключить реакцию устройства на случайное нажатие на кнопку. Для этого нужно определять моменты нажатия и отпускания, т.е. переходы значения логической переменной из нуля (False) в единицу (True) и наоборот. Используются функциональные блоки RTRIG и FTRIG, которые в случае необходимости имеют реакцию на изменение состояния дискретного входного сигнала. На выходе генерируется единичный импульс по переднему и заднему фронтам сигнала с кнопки «Пуск» соответственно.

Таким образом, при нажатии на кнопку RS-триггер, который следует за триггером по переднему фронту, переключается в единичное состояние, также запускается таймер с задержкой включения (TON1). Если в течении половины секунды оператор отпустит кнопку «Пуск», то сработает детектор заднего фронта импульса и, как следствие, выход RS-триггера (RS2) установится в единичное состояние, но только в том случае, если в данный момент установка находится в ручном режиме работы. Это условие введено для того, чтобы исключить возможность перейти из автоматического режима сразу в режим автокалибровки, минуя ручной режим. Условие реализовано с помощью стандартного функционального блока AND, который не пропустит сигнал дальше, если режим работы будет иной.

Если же с момента нажатия на кнопку «Пуск» и до момента её отпускания в ручном режиме прошло более половины секунды, то триггер RS2 не переключится в единичное состояние, так как на выходе TON1 была

образована лог. «1», триггер RS1 был сброшен, и соответственно сигнал верхнем входе логического элемента AND стал нулевым.

Пусть первое нажатие на кнопку «Пуск» засчитано. Сразу отметим, что оно будет сброшено в том, случае, если оператор не нажмет ещё раз на кнопку в течении пол секунды. Это опять же сделано для того, чтобы если оператор нажал один раз на кнопку и отпустил, а затем отвлекся или вовсе передумал нажимать второй раз, то ему впоследствии необходимо будет вновь нажимать два раза на кнопку «Пуск», как и положено. Данное условие осуществлено с использованием также таймера с задержкой включения (TON2), логического элемента AND и R-входа триггера RS2.

Итак, в том случае, если оператор вовремя нажал на кнопку «Пуск» второй раз, то на выходе Q1 макроса «Двойной стоп» образуется логическая единица.

#### **2.8.1.2 Конечный автомат выбора режима**

Пока исключим из рассмотрения сигнал «Авария» и его влияние на работу макроса. Так, в соответствии с функциональным описанием можно утверждать, что конечный автомат должен иметь 5 входов (кнопка «Пуск», кнопка «Стоп», двойное нажатие кнопки «Стоп», сигнал «Конец А» и сигнал «Вкл А») и 2 выхода, комбинация значений которых однозначно определяет один из трёх режимов работы установки.

Конечный автомат можно представить в виде диаграммы переходов (рисунок 14), вершинами которой являются состояния, а ребра – переходы между ними. Каждое ребро имеет метку, информирующую о том, при каком условии должен произойти переход. Диаграмма переходов абстрактна в том смысле, что она использует состояния и входы, обозначенные как {X0, X1, X2, X3, X4}. Для построения реальной схемы состояниям должны быть поставлены в соответствие двоичные коды, которые формируются на основе значений выходов, обозначенных как {S0, S1} [11]. Ниже представлена таблица 5 введенных обозначений.

Таблица 5 – Описание переменных

Имя переменной	Описание
X0	Сигнал «Конец автокалибровки»
X1	Нажатие кнопки «Пуск»
X2	Нажатие кнопки «Стоп»
X3	Двойное нажатие кнопки «Стоп»
X4	Активация процедуры автокалибровки

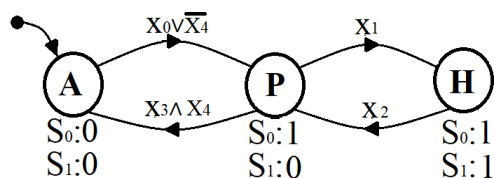


Рисунок 14 – Диаграмма переходов

Стрелка извне указывает на переход в режим «Автокалибровка», отражая то, что система перейдет в этот режим сразу после подачи питания.

На основе этой диаграммы переходов записана таблица переходов (таблица 6), которая отражает, каким должно быть следующее состояние конечного автомата, соответствующее текущему состоянию и входным сигналам. В таблице переходов используются символ X для обозначения безразличных переменных, от которых не зависит состояние выходов.

Таблица 6 – Таблица переходов

S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>0</sub>	S' <sub>1</sub>	S' <sub>0</sub>
0	0	0	x	x	x	0	0	1
0	0	0	x	x	x	1	0	1
0	0	1	x	x	x	0	0	0
0	0	1	x	x	x	1	0	1
0	1	0	0	x	0	x	0	1
0	1	0	0	x	1	x	1	1
0	1	0	1	x	0	x	0	1
0	1	0	1	x	1	x	1	1
0	1	1	0	x	0	x	0	1
0	1	1	0	x	1	x	1	1
0	1	1	1	x	0	x	0	0
0	1	1	1	x	1	x	1	1
1	1	x	x	0	x	x	1	1
1	1	x	x	1	x	x	0	1

Важнейшим вспомогательным средством для определения наиболее простой логической функции является карта Карно (таблицы 7-8).

Таблица 7 – Карта Карно для сегмента  $S'_1$

$X_3$		0								1							
$X_2$		0				1								0			
$X_1$		0		1				0				1				0	
$X_0$		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
$S_1 S_0 X_4$	000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	011	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	010	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	110	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	111	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Таблица 8 – Карта Карно для сегмента  $S'_0$

$X_3$		0								1							
$X_2$		0				1								0			
$X_1$		0		1				0				1				0	
$X_0$		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
$S_1 S_0 X_4$	000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	001	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
	011	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	010	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	110	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	111	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Исходя из карт Карно, получим:

$$S'_0 = (S_1 \vee S_0 \vee \overline{x_4} \vee x_0) \wedge (S_1 \vee \overline{S_0} \vee \overline{x_4} \vee \overline{x_3} \vee x_1);$$

$$S'_1 = \overline{x_2} \wedge S_0 \wedge S_1 + x_1 \wedge S_0 \wedge \overline{S_1} = S_0 (\overline{S_1} \wedge x_1 + S_1 \wedge \overline{x_2}).$$

После того как упрощенный макрос «Выбора режима» был рассмотрен, примем во внимание сигнал «Авария», который изначально был исключен из рассмотрения. Если переменная «Авария» приняла единичное значение, то необходимо, чтобы устройство перешло в ручной режим и игнорировало какие-либо команды с пульта управления. Это реализуется добавлением двух элементов OR: один из них вставляется перед R-входом триггера RS1, а второй – после триггера RS2. Тем самым, переменной  $S_1$  будет присвоено значение лог. «1», а переменной  $S_0$  – лог. «0».

Таким образом, макрос «Конечный автомат выбора режима» представлен на рисунке 15.

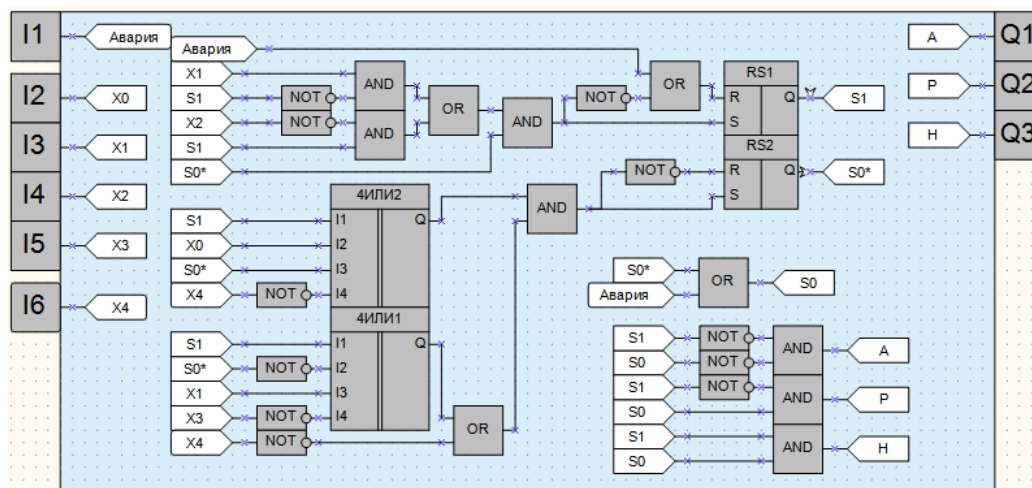


Рисунок 15 – Макрос «Конечный автомат выбора режима»

### 2.8.2 Скорость вращения стола

В макросе, представленном на рисунке 16, осуществлен алгоритм управления скоростью вращения стола. Для реализации данной задачи необходимо 7 входов и 2 выхода.

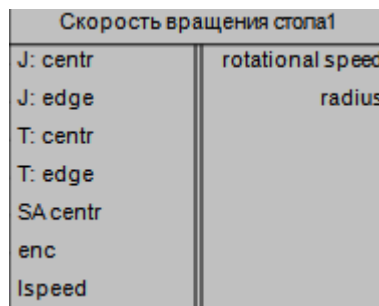


Рисунок 16 – Функциональный блок «Скорость вращения стола»

Скорость вращения стола определяется автоматически исходя из заданной линейной скорости наплавки, задаваемой ручкой «Вращение» (переменная  $l\text{speed}$ ) и текущим горизонтальным положением наплавочной головки (переменная  $\text{radius}$ ). Угловая ( $\omega$ ) и линейная ( $v$ ) скорости связаны между собой соотношением (1):

$$v = \omega \cdot R, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус окружности.

Перейдем к описанию того, как определяется текущее горизонтальное положение наплавочной головки. Для начала отметим, что в зависимости от того в каком положении (левое или правое) находится джойстик управления положением сварочной головки или тумблер задания направления автоматической наплавки определяется на какую величину (отрицательную или положительную) изменится горизонтальное положение наплавочной головки относительно центра пятника за один оборот (рисунок 17).

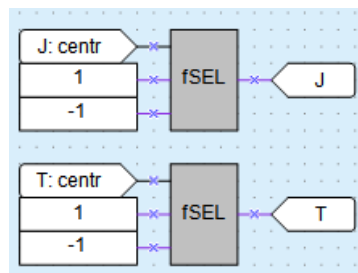


Рисунок 17 – Определение величины изменения

Вспомним, что у джойстика, так же, как и у тумблера есть нейтральное положение (команды с джойстика/тумблера отсутствуют). В этом случае горизонтальное положение головки не должно измениться (рисунок 18).

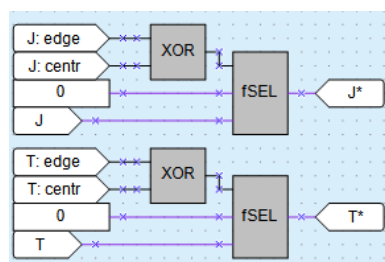


Рисунок 18 – Проверка отсутствия нейтрального положения

Управление горизонтальным перемещением наплавочной головки осуществляется автоматически в соответствии с положением тумблера и поворотом ручки «Величина шага». Но при этом возможна корректировка положения наплавочной головки, осуществляется левым джойстиком. Отсюда следует, что команды с джойстика приоритетнее нежели автоматическое перемещение с положением тумблера (рисунок 19).

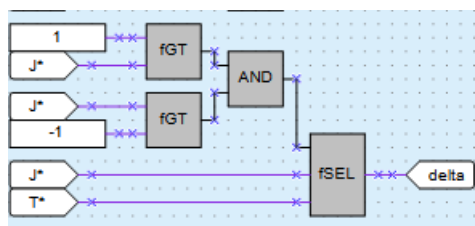


Рисунок 19 – Определение способа управления перемещением

О том, что совершен оборот стола свидетельствует единичный импульс по переднему фронту сигнала «enc». Положение наплавочной головки считается относительно центра пятника. Этому центру равносильно такое положение, при достижении которого горизонтальным приводом сработает центральный концевой выключатель (SAcentr=1) и в этом случае насчитанная координата должна быть сброшена на 0.

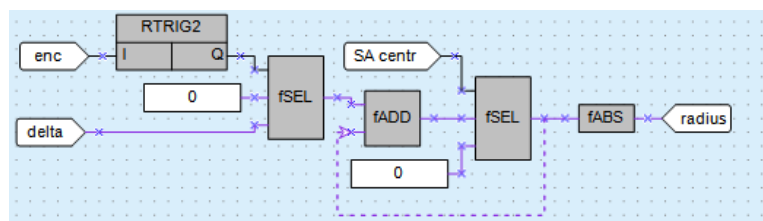


Рисунок 20 – Определение горизонтального положения наплавочной головки относительно центра стола

Так, для операций деления над целочисленными переменными используется блок DIV, над переменными с плавающей запятой - fDIV. Результатом выполнения операции деления на выходе является частное от деления входных значений (рисунок 21).

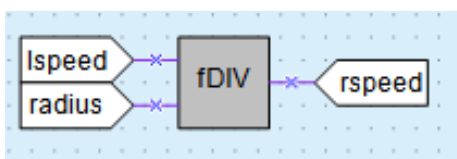


Рисунок 21 – Определение скорости вращения стола



### 2.8.3 Вертикальный и горизонтальный приводы

Макросы «Вертикальный привод» и «Горизонтальный привод» содержат в себе ещё по пять макросов каждый:

- Выдача аварии;
- Разрешение перемещения;
- Разрешение ускоренного движения;
- Выбор направления движения;
- Выбор скорости перемещения.

В последнем макросе для реализации алгоритма были использованы операции сравнения и логические элементы подобно рассмотренному выше пункту 2.8.2. Первые четыре макроса представляют собой комбинационные схемы. Рассмотрим в качестве примера – макрос «Вертикальное ускорение» (рисунок 22).

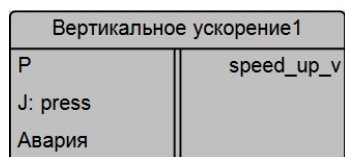


Рисунок 22 – Функциональный блок «Вертикальное ускорение»

Этот макрос отвечает за выдачу сигнала о том, что скорость движения наплавочной головки должна быть увеличена ( $speed\_up\_v=1$ ). Макрос основывается на том, что в ручном режиме ( $P=1$ ) при зажатии кнопки джойстика ( $J: press=1$ ) перемещение должно осуществляться на большей скорости. При этом при значении переменной «Авария» равным 1 увеличение скорости невозможно. Логическое выражения для вертикального ускорения запишется следующим образом:

$$speed\_up\_v = P \wedge J : press \wedge \overline{Авария}.$$

### 2.8.4 Процедура автокалибровки

Во время автокалибровки автономные перемещения наплавочной головки происходят по следующему алгоритму:

1) Если изначально привод высоты не находится в крайнем верхнем положении, то наплавочная головка будет перемещаться вверх, пока не достигнет этого положения.

2) Как только датчик верхнего положения сработал, а сигнал о достижении горизонтальным приводом «центрального» положения отсутствует (край поворотного стола не достигнут), то, в этом случае, наплавочная головка установки начинает перемещаться по горизонтальной оси до получения сигнала с этого датчика.

3) В написанной программе имеется дополнение. Оно заключается в том, что если на программируемом реле нажать соответствующую кнопку, то после срабатывания верхнего и центрального концевых выключателей, привод горизонтальных перемещений будет перемещать головку в противоположном направлении относительно того, что был описан в предыдущем пункте, пока не сработает датчик «крайнего» горизонтального положения. Если же такую кнопку никто не нажал, стрела останется на том же месте. Установка переходит в ручной режим после того, как описанные выше действия были завершены.

Программная реализация процедуры автокалибровки осуществлена по аналогии с рассмотренными выше примерами.

### **2.8.6 Создание визуализации. Работа с экраном**

Программируемые реле ОВЕН ПР200 обладают встроенным дисплеем и функциональными кнопками, что позволяет реализовывать человеко-машинный интерфейс для управления технологическим процессом. Разработка экранов визуализации происходит в том же ПО, что и создание пользовательских алгоритмов – среде программирования OWEN Logic.

Функциональные кнопки позволяют:

- 1) изменять значения переменных;
- 2) осуществлять прокрутку экранов;
- 3) осуществлять переходы между экранами.

С помощью экрана решаются следующие задачи:

- Включение/отключение процедуры автокалибровки;
- Включение/отключение возврата наплавочной головки в крайнее положение горизонтального привода (до срабатывания «крайнего» концевика) после завершения её автономных перемещений;
- Отображение текущей горизонтального положения наплавочной головки;
- Сигнализация об аварии и её причине с возможностью сброса;
- Отображение команд с джойстика управления положением наплавочной головки (для верного определения направления в режиме отладки).

На вкладке «Редактор экрана», представленная на рисунке 23, продемонстрирована созданная визуализация.

А	в	т	о	к	а	л	и	б	р	.	:	В	ы	к	л	
А	в	т	о	в	о	з	в	р	а	т	:	В	ы	к	л	
А	в	а	р	и	я		д	ж	.		:	Н	е	т		
А	в	а	р	и	я		т	.			:	Н	е	т		
Д	ж	.	в	в	е	р	х					В	ы	к	л	
Д	ж	.	в	л	е	в	о					В	ы	к	л	
К	о	о	р	д	.	г	о	р	.	:	+	0	0	,	0	

Рисунок 23 – Редактор экрана

### 2.8.7 Сетевой обмен данными

В установке используются три преобразователя частоты ОВЕН ПЧВ1 для управления приводами на базе асинхронных двигателей. В свою очередь управление самими ПЧ осуществляется при помощи ПР200 по интерфейсу RS-485. Это осуществимо за счет того, что ПР200 может выступать в роли мастера сети и поддерживает протокол связи ModbusRTU.

Для работы прибора в сети RS-485 установлены его сетевые настройки в среде программирования OWEN Logic:

- 1) выбран режим протокола Master;
- 2) добавлено 3 управляемых устройства:
  - ПЧ для управления приводом перемещения колонны манипулятора (вертикального перемещения наплавочной головки);
  - ПЧ для управления приводом перемещения стрелы манипулятора (горизонтального перемещения наплавочной головки);
  - ПЧ для управления вращением поворотного стола.
- 3) подчиненным устройствам присвоены имена и адреса;
- 4) настроены параметры каждого устройства.

Протокол Modbus RTU обеспечивает доступ к командному слову и заданию по интерфейсу RS-485.

Командное слово используется главным устройством Modbus для управления несколькими важными функциями ПЧВ:

- Пуск/останов с замедлением;
- Работа в обратном направлении.

Для регулирования скорости обычно используется задание по интерфейсу RS-485. Диапазон частот на выходе ПЧВ при векторном управлении от 0 до 200 Гц.

В сети Modbus все данные организуются в битах и регистрах временного хранения. Регистр командного слова привода (CTW) – 49999, а регистр задания частоты вращения АД (как следствие, скорости перемещения привода) по интерфейсу (REF) – 50009.

Регистр командного слова формируется побитово при помощи макроса, взятого с официального сайт Owen [12]. Для управления ПЧ, который управляет вертикальным перемещением наплавочной головки, используется 3 переменные:

- «Cmd: startv» служит для разрешения пуска привода;
- «Cmd: up» указывает направление перемещения;
- «Sv» нужна для регулирования скорости перемещения.

Остальные параметры заданы константами (рисунок 24).

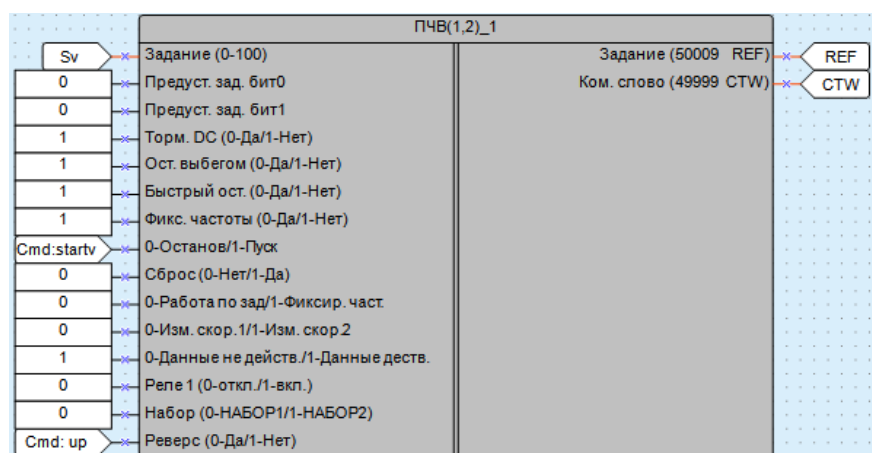


Рисунок 24 – Макрос управления ПЧ

Для реализации сетевых возможностей в среде программирования предусмотрен специальный тип переменных – сетевые переменные. Назначение каждой сетевой переменной определяется самим пользователем на этапе разработки коммутационной схемы. Чтобы использовать переменную в проекте, сначала ее следует создать в таблице переменных (рисунок 25).

Выберите сетевую переменную или создайте новую

Поиск

ПЧВ-вер. 1 ПЧВ-гор. 2 ПЧВ-вращ. 3

Имя	Тип переменной	Функция чтения	Функция записи	Адрес регистра	Адрес бита (ов)	Комментарий
REF	Целочислен...	0x03	0x06	49999		
CTW	Целочислен...	0x03	0x06	50009		

OK

Рисунок 25 – Таблица сетевых переменных

## 2.9 Автоматическое поддержание выбранного режима сварки

Длина сварочной дуги — это промежуток между электродом и деталью в котором происходит электродуговой разряд. От параметров дуги зависит интенсивность прогрева поверхности и другие качественные показатели. Увеличение дуги вызвано изменением расстояния между наконечником стержня и свариваемой поверхностью. Так, например, изношенная поверхность пятника может содержать множественные каверны, вмятины и выработки. Из-за увеличения дуги электрический разряд начинает удлиняться, теряя свою плотность. При этом сварочный ток уменьшается,

равномерность струи расплавленного металла проволоки нарушается, и, как следствие, качество шва падает.

В таком случае оператору станка приходится увеличивать амперные характеристики при удлинении дуги, чтобы обеспечить высокое качество наплавки выпускаемых изделий. Силу тока регулируют путем изменения скорости подачи проволоки. Для решения этой проблемы было разработано устройство, которое предназначено для поддержания выбранного режима сварки за счет автоматического регулирования скорости подачи проволоки.

### 2.9.1 Получение математической модели объекта

Для определения передаточной функции объекта была задана максимальная скорость подачи проволоки, а для надёжного возбуждения дуги было установлено напряжение 70 В. По измеренным параметрам был построен график переходного процесса (рисунок 26). Значения были зафиксированы с помощью модуля аналогового ввода с быстрыми входами ОВЕН МВ110.

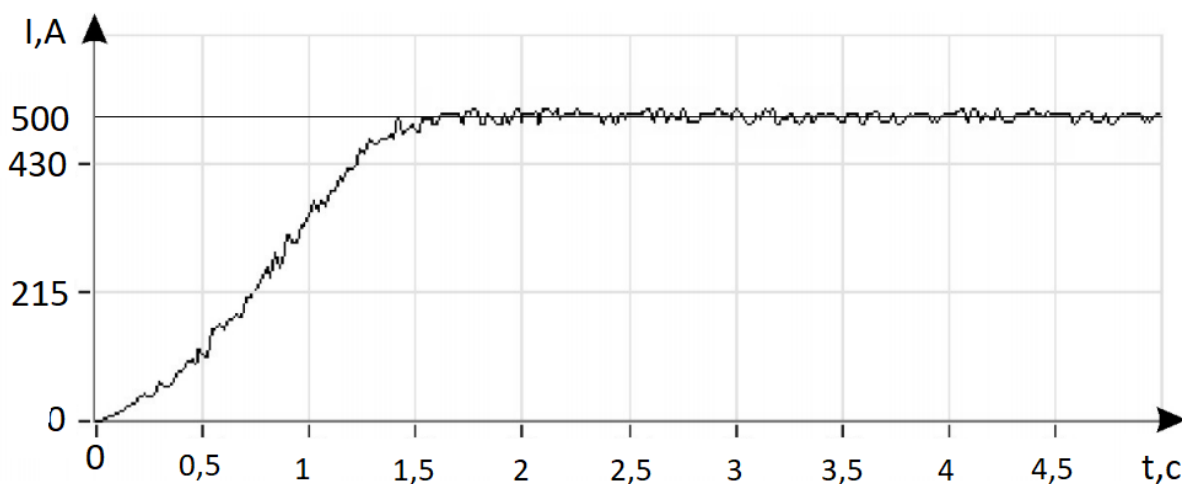


Рисунок 26 – График зависимости сварочного тока от времени

Для определения передаточной функции воспользуемся графическим методом. Проведем касательную к данной кривой в точке перегиба  $\Pi$  и отметим два отрезка времени  $t$ ,  $T$  на рисунке 27.

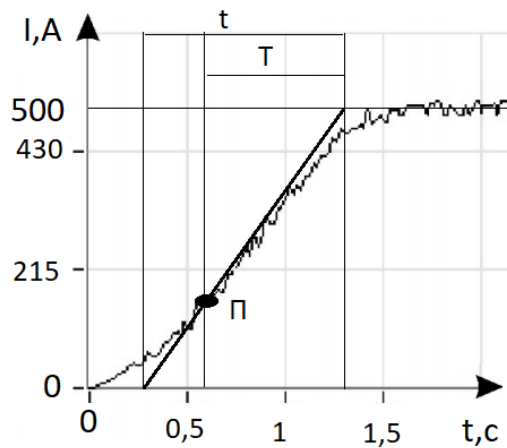


Рисунок 27 – Графический метод определения передаточной функции

Динамика аperiodического звена второго порядка описывается дифференциальным уравнением второго порядка:

$$T_2^2 \cdot \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + T_1 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k \cdot x(t), (T_1 \geq 2 \cdot T_2)$$

Причем  $T_1$  берется из графика переходной характеристики, а величина  $T_2$  определяется специальным параметрическим графиком на рисунке 28 в зависимости от  $t$ ,  $T_1$ .

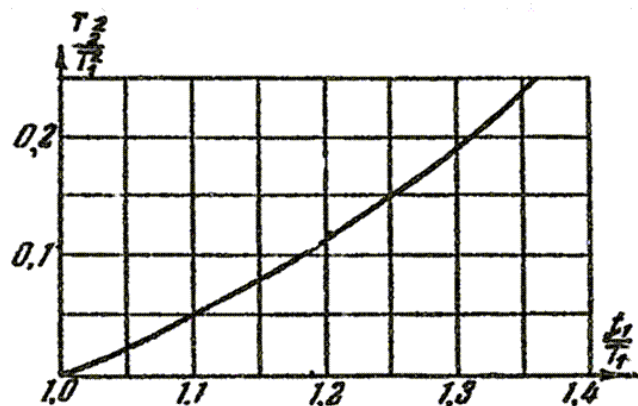


Рисунок 28 – График для определения постоянных времени

Тогда при  $T=0,7$  с,  $t=0,95$  с можно определить  $T_2$  :

$$W(p) = \frac{k}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1};$$

$$\frac{t_1}{T_1} = \frac{0,95}{0,7} = 1,36;$$

$$T_2^2 = 0,25 \cdot 0,49 \approx 0,12;$$

$$W(p) = \frac{500}{0,12 \cdot p^2 + 0,7 \cdot p + 1} = \frac{500}{(0,4 \cdot p + 1)(0,3 \cdot p + 1)}.$$

На рисунке 29 представлен график переходного процесса полученной передаточной функции.

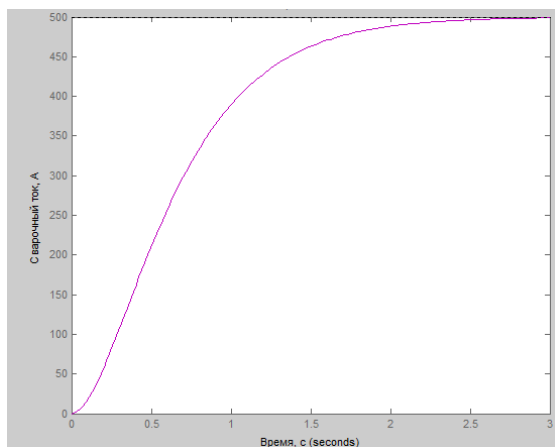
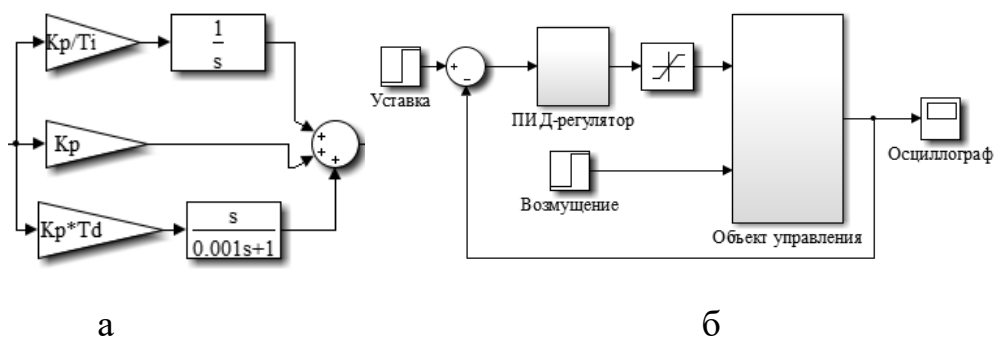


Рисунок 29 – Полученный график переходного процесса

### 2.9.2 Настройка регулятора

Задача системы автоматического регулирования (САР) объекта управления сводится к поддержанию заданного тока сварки. Качественный режим сварки наблюдается при сварочном токе 100 А [13]. Смоделируем ситуацию, когда есть возмущающее воздействие. Возмущающим воздействием будет являться вмятина на пути наплавки изношенной поверхности пятника. Объект управления включает в себя два элемента: ДПТ и сварочная дуга. Следовательно, возмущающее воздействие на операторно-структурной схеме будет расположено между ними. В качестве алгоритма регулирования используется ПИД-регулятор (рисунок 30а). Операторно-структурная схема САР представлена на рисунке 30б.



а) ПИД-регулятор; б) САР

Рисунок 30 – Операторно-структурная схема



Настройка регулятора проводилась с помощью двух методов – метода Циглера-Никольса (Ц-Н), основанного на реакции на ступенчатое воздействие (единичный скачок), и метода Chien, Hrones и Reswick (CHR). На рисунке приведен график переходной характеристики для нахождения параметров  $\alpha$  и  $L$ . С помощью данных параметров рассчитываются коэффициенты ПИД-регулятора.

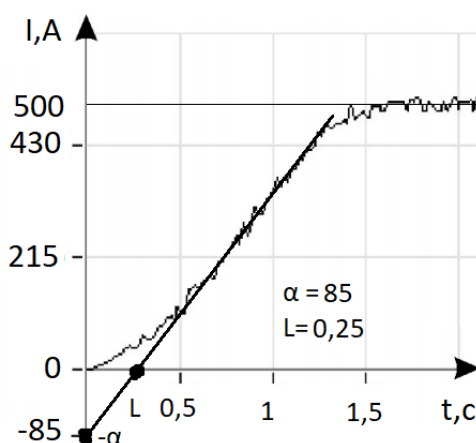


Рисунок 31 – Нахождение параметров  $\alpha$  и  $L$  из характеристики объекта

В таблице 4 приведен расчет параметров ПИД-регулятора с помощью полученных параметров  $\alpha$  и  $L$  по отклику на изменение возмущения с учетом того, что коэффициенты интегральной и дифференциальных составляющих рассчитываются как  $K_i = K_p / T_i$  и  $K_d = K_p \cdot T_d$  соответственно.

Таблица 9 – Расчет коэффициентов регулятора по отклику на возмущения

Метод CHR			Метод Циглера-Никольса		
$K_p$	$K_i$	$K_d$	$K_p$	$K_i$	$K_d$
$0,95 / \alpha$	$K_p^2 / (2,4 \cdot L)$	$0,42 \cdot L$	$1,2 / \alpha$	$K_p^2 / (0,9 \cdot L)$	$0,5 \cdot L$
0,012	0,00024	0,105	0,015	0,001	0,125

Вспомним, что эти методы дают значения лишь в некоторой окрестности оптимальных параметров, и, чтобы улучшить значения показателей качества переходного процесса, необходимо продолжать подбирать коэффициенты вручную. Переходные характеристики системы с

подставленными в ПИД-регулятор коэффициентами, которые были найдены различными методами, представлены на рисунке 32, а показатели качества переходных процессов сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Показатели качества переходных процессов по возмущению

Метод	Ц-Н	CHR	Ручная настройка
Время переходного процесса, с	10	25	1

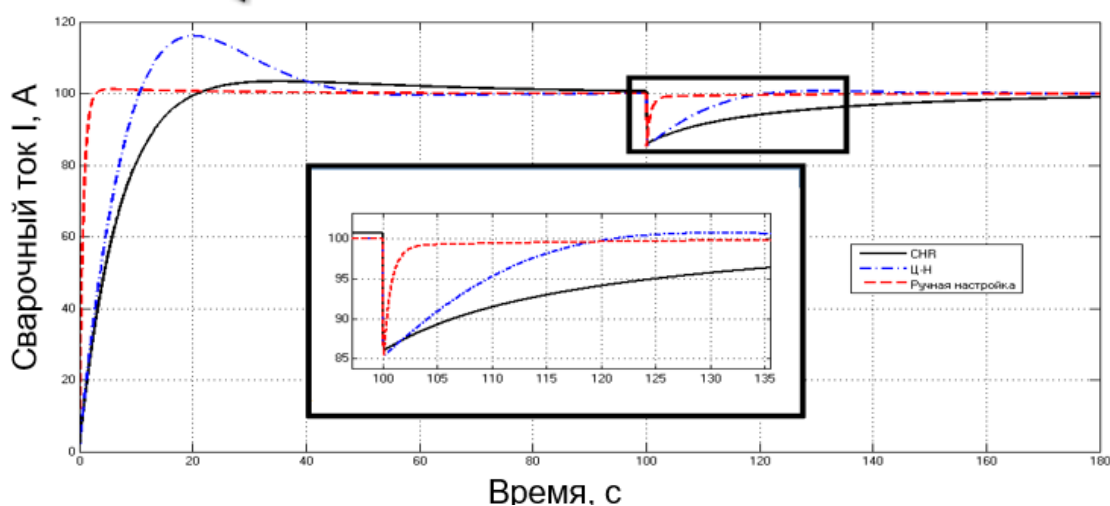


Рисунок 32 – Сравнение переходных характеристик

Сравнив показатели качества по таблице 10, можно сказать, что благодаря ручной настройке был получен более качественный переходный процесс. Параметры ПИД-регулятора при ручной настройке:

$$K_p = 0,15; K_i = 0,006; K_d = 0,1.$$

Данную САР было решено реализовать на основе аналогового регулятора на отдельной плате управления ДПТ. Её схема представлена в приложении Л.

### 3 Концепция стартап-проекта

#### 3.1 Название проекта

Проект имеет следующее название: «Внедрение инновационного способа наплавки пятников железнодорожных вагонов».

#### 3.2 Описание продукта как результата НИР

##### 3.2.1 Функциональное назначение

Железнодорожный транспорт в России является одним из основных: на его долю приходится 45,8 % всего грузооборота страны (рисунок 33) [14].

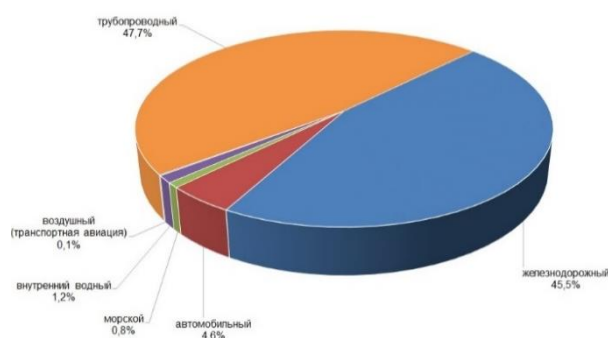


Рисунок 33 – Грузооборот транспорта, виды, 2017 г.

Надёжность и эффективность работы вагонного парка - критерий качества и основа экономики железнодорожной отрасли. С января 2015 года по декабрь 2017 года наличный парк грузовых вагонов в России уменьшился с 1231,6 тыс. до 1073,1 тыс. единиц, то есть примерно на 13 %. Очевидно, что снижение предложения вагонов при почти неизменном спросе вызывает рост равновесной цены [15].

Основное решение данной проблемы – ускорение оборота грузового парка, в том числе за счет сокращения непроизводительного простоя вагонов при проведении ремонтов – является повышение уровня автоматизации технологических операций на станциях и в вагоноремонтных депо.

Одной из причин простоя вагонов является износ пятки (пятника, пятниковой опоры) (рисунок 1а), расположенной на тележке вагона (рисунок 1б). Функционал пятки - не только прочное соединение вагона и тележки, но и обеспечение прохождения кривых участков пути.

Узел пятник-подпятник является одним из ответственных и быстро изнашивающихся узлов трения грузовой тележки. Значительный износ наблюдается уже через 1-2 года эксплуатации [16].

НИОКР – разработка станков по автоматической электродуговой наплавке – направлена на увеличение производительности и качества наплавки пятников железнодорожных вагонов.

Наплавка износостойкой проволокой сплошного сечения позволит повысить межремонтный ресурс пятников. В результате долговечность упрочненных деталей увеличивается в среднем в 2,5 раза [17].

### **3.2.2 Основные потребительские качества**

Важнейшими потребительскими качествами станков являются: производительность, технологические возможности, точность, переналаживаемость, долговечность, эргонометрические показатели.

Сильной стороной проекта является производительность. Времени на восстановление изношенного пятника затрачивается 20 минут меньше, чем у конкурентов. Отсюда следует, что за одну 12-ти часовую смену на предлагаемой установке можно восстановить на 2 пятника больше.

Технологические возможности данного станка определяются широким диапазоном рабочих скоростей скорости наплавки (10 - 70) м/час, высоким качеством наплавки (шаг наплавки (2,3 - 2,8) мм/об, скорости подачи электрода не более 1,65 м/мин, скорость наплавки – (0,5 - 0,65) м/мин).

Точность характеризует отклонение полученного результата восстановления от альбомных размеров пятника в пределах допусков, обусловленных технической документацией [17]. Отклонение от плоскостности допускается не более 1 мм.

Переналадка станка легко осуществима благодаря использованию программируемого реле, которое при необходимости может быть перепрограммировано.

Долговечность - термин, в который дополнительно входят показатели ремонтпригодность и сохраняемость. Все узлы станка легко заменяемы.

Взаимодействие оператора и установки должны учитывать эргономические показатели. Это - удобство обзора рабочей зоны, удобство расположения органов управления, ограничение физических нагрузок при управлении станком, хорошее освещение рабочей зоны. Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места соответствует [18].

### **3.3 Интеллектуальная собственность**

Патентный обзор проведем с целью выявления существующих на данный момент инновационных решений.

Так, патент № 2180878 «Способ восстановления пятника вагона» [20] защищает технологию, используемую при ремонте изношенных деталей железнодорожной техники. Она обеспечивает получение качественного наплавленного металла по химическому составу, структуре и твердости. Авторами патента являются Козубенко И.Д., Родионов Ю.С., Ибятков Р.А.

В патенте № 1201080 «Устройство для автоматического регулирования скорости подачи электродной проволоки» [21] описывается изобретение, целью которого является экономия электродной проволоки. Авторы патента: Драбович Ю.И., Лебедев А. В.

В патенте № 2327552 «Наплавочная установка пятников» [22] описывается полезная модель, которая относится к устройствам для наплавки при восстановлении дефектных или поврежденных деталей и может быть использована преимущественно для восстановления пятника вагона. Вохмин Г. А., Черняев А. В., Моржевилов Ф. Н. являются авторами патента.

Патент № 57181 «Станок для автоматической электродуговой наплавки деталей» [22] защищает полезную модель, которая относится к оборудованию для ремонта, восстановления и упрочнения наплавкой изношенной поверхности различных деталей. Авторы патента: Самарин А.М., Бульканов С. А., Пахомов В.С.

Представленные патенты позволяют:

- получить представление о современном состоянии, существующих направлениях решения технологической задачи,
- констатировать, что предлагаемые проектные решения в данном проекте не запатентованы.

На данном этапе получение патента не планируется. Решено не разглашать сведения, имеющие коммерческую ценность, то есть сохранить их как коммерческую тайну.

### **3.4 Целевой сегмент потребителей продукта**

Основным заказчиком рынка оборудования для ремонта грузовых вагонов являются вагоноремонтные депо России. Сегодня ремонтом грузовых вагонов занимаются 177 депо [24], в том числе:

- 116 депо - вагоноремонтные «дочки» ОАО «РЖД»,
- 61 частных депо.

### **3.5 Анализ современного состояния**

В 2018 г. среднесуточное количество грузовых вагонов составляло 1 099 655 единиц (1099,7 тыс.) [25].

В настоящее время железные дороги России эксплуатируют три группы игроков [26]:

1. компании холдинга ОАО «Российские железные дороги»;
2. независимые или условно независимые от ОАО «РЖД» операторы, владеющие, как собственной инфраструктурой (железнодорожные пути, сигнальная аппаратура и т. д.), так и парком вагонов;
3. компании, владеющие только подвижным составом.

18 железнодорожных операторов России владеют большей частью парка грузовых вагонов в настоящее время (рисунок 34) [27].

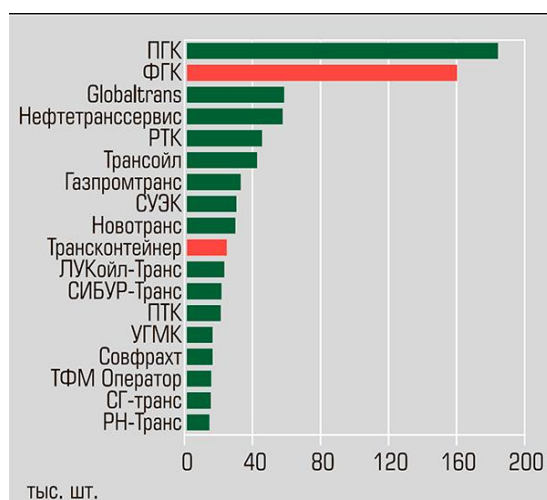


Рисунок 34 – Парк вагонов железнодорожных операторов России

Можно выделить 3 ключевые причины необходимости ремонта, например, в 2016 г.:

- рост отцепок в техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) грузовых вагонов, количество которых ежегодно увеличивается, превысило инвентарный парк вагонов и составило 1370 тыс. вагонов;
- количество вагонов, попадающих во внеплановый ремонт, увеличилось более чем на 90 - 100 тысяч вагонов;
- поломка тележек - 187 тыс. вагонов (рисунок 35) [28].



Источник: Институт проблем естественных монополий

Рисунок 35 – Динамика отцепок грузовых вагонов и их причины

Вагонные депо проектируются с учетом специализации на ремонте одного-двух типов грузовых вагонов с программой деповского ремонта 6000 вагонов в год.

Норматив одного депо – 6000 отремонтированных вагонов в год [29]. При таком нормативе 177 депо смогут отремонтировать только 1 062 000 вагонов. Что же делать в данной ситуации? Необходимы кардинальные перемены в вагоноремонтной отрасли.

### **3.6 Перспективы развития отрасли**

Приведем некоторую хронологию событий. В соответствии с [29] в 2015 году было списано 104 000 вагонов. Это помогло списать устаревшие вагоны и загрузить производственные мощности по производству новых. На рынок поступило 208 000 старых, но пригодных к работе, пятников со списанных вагонов.

В 2019-2025 гг. РЖД планирует закупить 3731 вагон на сумму 237 млрд. рублей [31], хотя этого не достаточно для покрытия дефицита и отливать новые пятники во много раз дороже, чем ремонтировать старые. Цена нового пятника составляет 11 тысяч рублей, а стоимость услуги по восстановлению наплавкой обойдется в пределах 1-2 тысяч рублей. Более того, современное оборудование – станок автоматической электродуговой наплавки износостойкой проволокой сплошного сечения - позволяет восстановить изношенные детали до альбомных размеров без потери качества.

ОАО «РЖД» реализует проект «Цифровая железная дорога» в соответствии с:

- распоряжением правительства от 19 марта 2019 года № 466-р утверждена программа развития ОАО «Российские железные дороги» до 2025 года;

- посланием президента России Федеральному Собранию и Указом президента от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».



Цель проекта – повышение качества предоставляемых транспортных и логистических услуг за счёт применения цифровых технологий. Автоматизация проведения ремонтных работ – одно из направлений этой программы.

Таким образом, актуальность выбранной темы очевидна: она обусловлена необходимостью внедрения в вагонных депо более эффективных методов ремонта, обеспечивающих экономичность и безопасность эксплуатации вагонов. Предлагаемое ВКР решение является современной технологией, как с технологической (соответствие стартапу), так и экономической точек зрения.

### 3.7 Объём и емкость рынка

Среднее время восстановления изношенного пятника на станках конкурентов и на тех станках, которые уже установлены в депо, составляет 1,2 часа.

Чтобы рассчитать емкость рынка, приведем ряд утверждений:

- пятник является одной из наиболее часто изнашиваемых деталей грузовой тележки;
- пятник необходимо восстанавливать при каждой отцепке вагона;
- на один грузовой вагон приходится две грузовые тележки, а, следовательно, и два пятника (рисунок 36);
- исходя из норматива, одно депо должно ремонтировать 12 тысяч пятников в год.



Рисунок 36 – Внешний вид грузового вагона

Рассчитаем действительный годовой фонд рабочего времени ( $F$ ), исходя из следующих условий:

- односменный режим работы;

- продолжительность рабочей смены  $t$  – 12 часов;
- непрерывная рабочая неделя;
- календарных дней в расчетном году  $D$  – 365;
- $F$  определяется по формуле (2):

$$F = (D - d) \cdot t \cdot r, \quad (2)$$

где  $d$  – количество нерабочих дней в году – 14;

$r$  – режим работы депо: количество рабочих смен в сутки – 1, тогда

$$F = (365 - 14) \cdot 12 \cdot 1 = 4212 \text{ часов},$$

Рассчитаем годовой фонд работы оборудования ( $F_{об}$ ). С учетом перерывов на техническое обслуживание определим его по формуле (3):

$$F_{об} = k \cdot F, \quad (3)$$

где  $k = 0,9$  – коэффициент, учитывающий перерывы на техническое обслуживание оборудования, тогда

$$F_{об} = 0,9 \cdot 4212 = 3790,8 \text{ часов}.$$

Примем, что время восстановления ( $t_{в}$ ) одного пятника составляет 1,2 часа и рассчитаем, какое количество пятников ( $N_{п}$ ) можно восстановить на одном станке за год по следующей формуле (4):

$$N_{п} = \frac{F_{об}}{t_{в}}, \quad (4)$$

То есть

$$N_{п} = \frac{3790,8}{1,2} = 3159 \text{ шт.}$$

Так как один станок может обеспечить ремонт только 3159 пятников в год, а депо необходимо ремонтировать 12000 пятников в год, то, значит, в депо требуется примерно 4 таких станка (5):

$$N_{ст} = \frac{N_{об}}{N_{п}} = \frac{12000}{3159} = 3,8 \approx 4 \text{ шт}, \quad (5)$$

где  $N_{ст}$  – количество станков в одном депо,

$N_{об}$  – норматив по ремонту пятников в год.

Таким образом, чтобы отремонтировать 6000-10000 вагонов в год, необходимо:

- модернизация депо,
- увеличение количества станков,
- приобретение модернизированных станков.

В среднем, на восстановление изношенного пятника на предлагаемом станке необходим 1 час. Следовательно, количество пятников, восстанавливаемых на одном станке в год, составит по формуле (4):

$$N_{\pi} = \frac{3790,8}{1} \approx 3790 \text{ шт.}$$

Замена 4 станков в одном депо на новые позволит ремонтировать 15160 пятников. То есть имеющиеся 177 депо смогут восстановить 2 683 320 пятника за один год. Отсюда следует, что, если ремонт других деталей и узлов будет также осуществляться без простоя, то можно отремонтировать 1 341 660 вагонов.

В 2017 году требовалось отремонтировать 1 370 000 вагонов. Таким образом, разница между тем количеством, которое нужно отремонтировать и тем, которое реально отремонтировать при таком количестве станков, уже составляет не 308 тысяч вагонов, а чуть меньше 30 тысяч вагонов. Разницу можно ликвидировать, если увеличить количество станков на 15 единиц.

Стоимость такого станка составляет 1 млн. 390 тыс. рублей. Таким образом, общий объём целевого рынка (ТАМ) составляет 1 004 970 тыс. рублей (723 станка).

8% объема целевого рынка – это доля, которую можно занять. При расчете этой величины учитывались имеющиеся производственные мощности, пока ещё относительно низкая известность в стране, а также действия конкурентов.

Таким образом, за пять лет планируется выпустить 60 станков, т.е. по одному станку в месяц. Это позволит компании заработать за пять лет 83 400 тыс. руб., за год – 16 680 тыс. руб.

### 3.8 Планируемая стоимость продукта

Планируемая стоимость продукта – 1 млн. 390 тысяч рублей. При формировании бюджета проекта используются следующие статьи затрат:

- материальные (таблица 11);
- основная и дополнительная заработная плата;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- затраты на командировки, доставка;
- накладные расходы;
- гарантийное обслуживание;
- обучение персонала вагоноремонтных депо;

Для создания станка наплавки пятников железнодорожных вагонов была сформирована рабочая группа, в состав которой вошли руководитель темы, студент, слесарь, конструктор. Затраты на основную и дополнительную заработные платы составят примерно 200 тысяч рублей.

Размер страховых взносов составляет 30 % [32]. Отсюда следует, что отчисления во внебюджетные фонды составят 60 тысяч рублей.

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Затраты, руб.
Выпрямитель сварочный	1	150000	150 000
Электродвигатель	4	3000	12 000
Двигатель постоянного тока	1	3000	3 000
Металлоконструкция	1	200000	200 000
Датчик положения	8	1000	8 000
Автоматика в шкаф управления	1	55000	55 000
Автоматика пульта управления	1	22000	22 000
Итого:			450 000

Накладные расходы включают: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые

расходы, размножение материалов. Коэффициент накладных расходов примем 15,5 %. Накладные расходы составят примерно 100 тыс. рублей.

Затраты на гарантийное обслуживание планируются в размере 5 % стоимости станка. Таким образом, они составят 70 тысяч рублей.

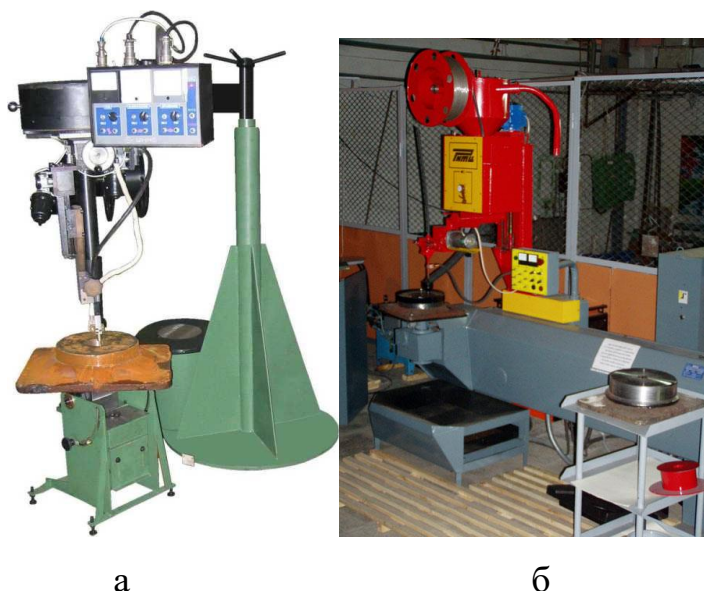
Затраты на научные и производственные командировки исполнителей, обучение персонала вагоноремонтных депо, доставка формируются в соответствии с планом выполнения темы и действующими нормами командировочных расходов. В среднем они составляют 500 тыс. рублей.

### 3.9 Конкурентные преимущества

На сегодняшний день в России разработкой и изготовлением технического оборудования для ремонта подвижного состава железных дорог занимаются несколько малых и средних предприятий (таблица 12).

Таблица 12 – Общая информация о конкурентах

Название	ОКВЭД	Вид деятельности (ОКВЭД)
ООО «ДМЗ»	26.51.6	Производство прочих приборов, датчиков, аппаратуры и инструментов для измерения, контроля и испытаний (рисунок 37а)
	28.99	Производство прочих машин и оборудования специального назначения
	25.99	Производство прочих готовых металлических изделий, не включенных в другие группировки
ООО «РИТЦ «Промсила»	28.99	Производство прочих машин и оборудования специального назначения, не включенных в другие группировки (рисунок 37б)
	33.12	Ремонт машин и оборудования
	72.19	Научные исследования и разработки в области естественных и технических наук прочие



а) ООО «ДМЗ»; б) ООО «РИТЦ «Промсила»

Рисунок 37– Вид установок для наплавки пятников производства  
Конкурентные преимущества предлагаемого станка следующие:

1. Производительность (ремонт 12 пятников за смену вместо 10).
2. Уменьшение действий оператора обеспечивается за счёт того, что скорость вращения стола определяется автоматически исходя из заданной линейной скорости наплавки и текущим горизонтальным положением наплавочной головки.
3. Высокое качество наплавки достигается тем, что происходит автоматическое поддержание выбранного режима сварки за счет регулирования сварочного тока скоростью подачи проволоки.
4. Экспорт данных в облачное хранилище и подключение в сеть ЭВМ («цифровизация» установки).
5. Стоимость установки ниже, чем у конкурентов в среднем на 150 тысяч рублей.
6. Функциональная развитость установки за счет наклона поворотного станка, что позволяет осуществлять наплавку наружной поверхности бурта пятника.

### **3.10 Стратегия продвижения продукта на рынок**

Выгоды – то, что клиент выигрывает (получает дополнительно) при покупке. Негласный «кодекс» продаж учит, что надо продавать не товар, а выгоды от его использования. Приведем выгоды на 1 депо:

- ремонт большего количества пятников (2 500 пятников на 4 станка в год);
- экономия издержек по статье «зарплата», так как автоматическая наплавка не требует высокой квалификации сварщика (5000 руб. / месяц на 1 сварщика);
- сокращение издержек на покупку станка, так как цена предлагаемого станка ниже, чем у конкурентов (110 000 руб. / на 1 станок).

Сегментация является ключом к созданию спроса. В данном случае сегмент рынка – B2B. Так как рынок конкурентный, стратегия продвижения предполагает:

- участие в специализированных выставках и тендерах;
- публикации статей в журналах;
- реклама в специализированных СМИ;
- разработка сайта.

### **3.11 Бизнес-модель**

Популярным инструментом бизнес-моделирования является бизнес-модель Остервальдера (таблица 13).

Таблица 13 – Бизнес-модель

<b>Ключевые партнеры</b> – Магазины электротехнической продукции; – Строительные магазины; – Вагоноремонтные компании; – Производители средств автоматизации; – Разработчики ПО.	<b>Ключевые виды деятельности</b> – Разработка ПО; – Изготовление ремонтного оборудования.  <b>Ресурсы</b> – Интеллектуальная собственность; – ПО; – Производственные мощности.	<b>Ценности продукта</b> – Невысокая конечная стоимость; – Продвинутая программная логика; – Современное аппаратное обеспечение; – Высокая надежность системы; – Производительность	<b>Взаимоотношения с клиентами</b> – Гарантийное обслуживание; – Доставка; – Обучение.  <b>Каналы сбыта</b> – Прямые продажи; – Продажи через Интернет	<b>Сегменты клиентов</b> – Вагонные ремонтные депо; – Вагонные ремонтные заводы.
<b>Структура издержек</b> – Материальные затраты –450 тыс. руб. – Заработные платы – 200 тыс. руб. – Отчисления во внебюджетные фонды – 60 тыс. руб. – Накладные расходы, гарантия – 170 тыс. руб. – Обучение, доставка, командировки – 500 тыс. руб.		<b>Потоки выручки</b> – Продажа станков наплавки пятников; – Продажа послегарантийного обслуживания; – Продажа дополнительного обучения персонала.		



#### **4 Социальная ответственность**

В данном разделе ВКР рассматриваются вопросы, которые касаются социальной ответственности при эксплуатации станка наплавки пятников железнодорожных вагонов.

Высокопроизводительная установка предназначена для восстановления под слоем флюса изношенных поверхностей пятника до альбомных размеров. Восстановление изношенных поверхностей производится автоматической электродуговой наплавкой износостойкой проволокой сплошного сечения. Установка представляет собой сварочный автомат, смонтированный на станине и имеющий возможность перемещаться вдоль нее, а также вверх-вниз в необходимых пределах. Изношенный пятник устанавливается на планшайбе манипулятора, закрепленного к станине установки и вращающейся со скоростью (0,03 – 10) оборотов в минуту. При необходимости манипулятор с закрепленным пятником наклоняется на 90 градусов для наплавки цилиндрической части.

В разделе затрагиваются вопросы производственной безопасности, эргономики, пожарной безопасности и охраны окружающей среды. В России охрана труда является одним из важнейших экологических, санитарно-гигиенических и социально-экономических мероприятий, направленных на обеспечение здоровых и безопасных условий труда. [33]

В соответствии с международным стандартом [34] – Социальная ответственность – ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

1. Содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества.
2. Учитывает ожидания заинтересованных сторон.
3. Соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения.

## **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Правовые нормы регулирует специальный государственный орган. Основные требования описаны в трудовом кодексе Российской Федерации [35] и в СанПиН 2.2.4.548-96 [36].

Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Порядок исчисления нормы рабочего времени на определенные календарные периоды (месяц, квартал, год) в зависимости от установленной продолжительности рабочего времени в неделю определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда.

В течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут.

Установка обслуживается одним сварщиком-оператором, обученным и аттестованным к работе на установке. Наплавка под слоем флюса не требует высокой квалификации от сварщика, поэтому для ее производства не требуется искать специалиста, обладающего большим опытом именно в этом спектре сварочных работ. Периодическое обслуживание всей электрической схемы и профилактики механической части установки должны выполняться квалифицированным электриком и механиком.

Основные органы, регулирующие правовые нормы сотрудников и осуществляющие контроль рабочего места являются:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условия труда;
- Федеральная служба по труду и занятости населения;
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека.

#### **4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Согласно [37], определяются общие эргономические положения при работе стоя, такие как:

- рабочее место для выполнения работ стоя организуют при физической работе средней тяжести и тяжелой, а также при технологически обусловленной величине рабочей зоны, превышающей ее параметры при работе сидя;

- конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы;

- рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Согласно [38], существует ряд общих положений, которые предъявляются к системе «человек — машина — среда», таких как:

- эргономические требования к производственному оборудованию должны устанавливать его соответствие антропометрическим, физиологическим, психофизиологическим и психологическим свойствам человека и обусловленным этими свойствами гигиеническим требованиям с целью сохранения здоровья человека и достижения высокой эффективности труда;

- эргономические требования к производственному оборудованию должны устанавливаться к тем его элементам, которые сопряжены с человеком при выполнении им трудовых действий в процессе эксплуатации производственного оборудования.

## 4.2 Производственная безопасность

### 4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

При разработке устройства возникают опасные и вредные факторы, влияющие на работу технологического персонала. Перечень факторов, свойственных объекту исследования, приведен в таблице 14 согласно [39].

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья, привести к травмоопасной или аварийной ситуации, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм требований, предъявленных к параметрам.

Таблица 14 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Наименование вида работ	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата	Эксплуатация оператором АСУ станка наплавки пятников железнодорожных вагонов, который расположен в вагоноремонтном депо.	Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548–96 [36];
Превышение уровня шума		Шумы – ГОСТ 12.1.003-2014 [40], СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [41], СП 51.13330.2011 [42];
Отсутствие или недостаток естественного света		Освещение – СП 52.13330.2016 [43]
Недостаточная освещенность рабочей зоны		
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		Электробезопасность – ГОСТ 12.1.030-81 [44], ГОСТ 12.1.038-82 [45], ГОСТ 12.1.019-2017 [46];
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования		Производственные процессы – ГОСТ 12.3.002-2014 [47];
Термическая опасность		Средства защиты работающих – ГОСТ 12.4.011-89 [48]

## **4.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов**

### **4.2.2.1 Микроклимат**

Основные виды работ, выполняемые рабочими, по степени физической тяжести, относятся к категории средних работ. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 предоставлены в таблице 15.

Таблица 15 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	III (более 290)	(16 – 18)	(15 – 19)	(40 – 60)	0,3
Теплый	III (более 290)	(18 – 20)	(17 – 21)	(40 – 60)	0,3

В помещении должны быть предусмотрены система отопления, функционирующая в зимнее время, которая обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха и система вентилирования и кондиционирования в летнее время.

### **4.2.2.2 Шум**

Источником возникновения данного фактора является все станочное оборудование. Данный фактор относится к природе физического характера. Согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96, допустимый уровень шума в производственных помещениях не должен превышать 80 дБ.

В качестве мер ликвидации данного фактора будут использованы беруши, так как на производстве не предполагается использование подъемных механизмов и механизмов, которые используют предупреждающие звуки.

#### **4.2.2.3 Освещение**

Хорошее освещение действует тонизирующее, создаёт хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов нервной высшей деятельности. Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Причинами во многих случаях являются слишком низкие уровни освещенности, слепящее действие источников света и соотношение яркостей, которое недостаточно хорошо сбалансировано на рабочих местах.

В производственных помещениях, в случаях преимущественной работы с деталями, допускается применение системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения деталей, инструментов).

Освещенность на рабочих поверхностях столов в зоне размещения детали должна быть 300 лк.

#### **4.2.2.4 Электробезопасность**

К электрозащитным средствам проектируемой системы относятся: заземление всех токоведущих частей оборудования, устройство защитного отключения, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности, указатели напряжения.

Защитное заземление защищает человека от вероятного поражения в случае повреждения изоляции эксплуатируемой электроустановки. В щите управления описываемой установкой данный метод предусмотрен.

Заземлены все выполненные из металла корпуса щитов, устройства сигнализации и защиты, а также электропривод. Важно понимать необходимость подключения проектируемой системы к заземлению при установке и не забывать про него.

В случае внештатной или аварийной ситуации установку необходимо обесточить нажатием аварийного выключателя, расположенного в левом нижнем углу пульта управления.

До подключения установки к электросети, основание установки и сварочные выпрямители заземлить согласно «Правилам устройства электроустановок». Подключение и обслуживание установки производить в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Сварочный выпрямитель ВДУ-506С, пульт управления, должны быть закрыты.

#### **4.2.2.5 Производственные процессы**

Снятые с вагона пятники, с помощью специальной тележки транспортируются в отделение по ремонту пятников, с помощью кран - балки устанавливают пятник на стол, где бригадир отделения производит визуальный осмотр пятника.

Обслуживающий персонал должен находиться в достаточном удалении от подвижных частей установки, а также следить за перемещением кран-балки по цеху во избежание травматизма.

#### **4.2.2.6 Термическая опасность**

Источником данного фактора может возникнуть горячий инструмент, заготовка, поверхности оборудования и др.

Термические опасности могут приводить к ожогам и ошпариванию из-за соприкосновения с предметами или материалами, имеющими чрезвычайно высокую температуру.

Работники, связанные с термической обработкой заготовки должны иметь при себе средства индивидуальной защиты: специальные защитные очки, индивидуальные средства защиты органов дыхания, перчатки.

Отличительной особенностью процесса автоматической сварки под флюсом является то, что сварочная дуга горит не на открытом воздухе, а под слоем зернистого сыпучего флюса. Под действием тепла дуги расплавляется основной металл детали, электродная проволока и часть флюса, непосредственно прилегающая к зоне наплавки.

Соккрытие сварочной дуги под слоем флюса позволяет избежать разбрызгивания расплавленного металла, что значительно повышает безопасность рабочего, снижая вероятность получения ожогов.

### **4.3 Экологическая безопасность**

#### **4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на атмосферу**

Проведение сварочных работ невозможно без загрязнения воздушной среды рабочего пространства парами сварочного аэрозоля. В его состав входят

аэрозоли металлов и их окислов (железа, марганца, хрома, вольфрама, алюминия, титана, цинка, меди, никеля и др.), газообразных фтористых соединений и многих других элементов. Кроме аэрозолей в состав могут входить вредные газы: окиси углерода, азота и озона [49].

Попадая в атмосферу населенных пунктов, эти загрязнители способны вызвать кислотные дожди, повысить заболеваемость населения болезнями дыхательных путей, вызвать аллергизацию населения, нарушить работу важнейших органов и систем органов в организме человека.

Снижение уровня негативного влияния на народонаселение близлежащих населенных пунктов может быть осуществлено посредством внедрения очистных установок (фильтры, вытяжные установки на рабочих местах, более мощная система вентиляции), внедрение «зеленых» технологий производства, ужесточения мониторинговых программ.



#### **4.3.2 Анализ влияния объекта исследования на литосферу**

Другим аспектом является утилизация неисправного оборудования и устаревших деталей станка. При неправильной утилизации неисправные детали могут нанести вред окружающей среде. Чтобы этого не произошло, предполагается обращаться в компанию, в которой происходит утилизация старой электроники. Предприятия функционируют по всей России.

#### **4.3.3 Анализ влияния объекта исследования на гидросферу**

Процесс наплавки начинается с тщательной очистки детали от грязи, масла, краски. Применяют также промывку горячим раствором щелочи с последующей промывкой горячей водой, очистку стальной щеткой. При обмывке узлов и деталей вагонов в воду попадает большое количество взвешенных веществ и нефтепродуктов [50].

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

##### **4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Чрезвычайными ситуациями на производственном предприятии могут быть пожары. Все производства по пожарной опасности подразделяются на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Производственное помещение, в котором выполняется технологический процесс, относится к категории Г.

Причинами пожара могут быть: токи короткого замыкания, электрические перегрузки, выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов, курение в неположенных местах.

##### **4.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Тушение горящего электрооборудования под напряжением должно осуществляться имеющимися огнетушителями ОУ-5. Чтобы предотвратить пожар в производственном помещении, необходимо:

- содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор;
- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;
- на видном месте должен быть вывешен план эвакуации из здания с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь;
- уходящий из помещения последним должен проверить выключены ли нагревательные приборы, электроприборы, оборудование и т.д.

Также необходимо соблюдение организационных мероприятий:

- правильная эксплуатация приборов, установок;
- правильное содержание помещения;
- противопожарный инструктаж сотрудников;
- издание приказов по вопросам усиления ПБ;
- организация добровольных пожарных дружин;
- наличие наглядных пособий.

В автоматизированной системе предусмотрены методы защиты, способные избежать последствия от этих чрезвычайных ситуаций. Аварийный режим позволяет вовремя остановить производственный процесс и отключить исполнительные устройства.

Оператору при ремонте или замене элементов установки как электрических, так и механических, необходимо отключать электропитание установки на цеховом щите, вынуть предохранители и повесить на рукоятке рубильника табличку: «НЕ ВКЛЮЧАТЬ! РАБОТАЮТ ЛЮДИ». Во избежание травматизма:

- не производить смазку, регулировку, наладку и прочие работы на работающей установке;
- не работать при снятых кожухах, при обнаружении неисправности;
- не производить работы без индивидуальных средств защиты: защитные очки, рукавицы, спецодежда;
- не подавать питающее напряжения без наличия заземления.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану по номеру 01 и покинуть помещение, руководствуясь планом пожарной эвакуации.

#### **4.5 Методы защиты программного кода**

Одним из уязвимых мест в установке является программируемое реле, а именно программа, написанная для осуществления сбора информации и автоматического управления оборудованием.

Для обеспечения безопасности возможность просмотра модификации проекта должна быть защищена паролем или аппаратным ключом. Посторонние люди не должны иметь возможность читать, распечатывать и модифицировать проект.

Также необходимо позаботиться о средствах восстановления проекта. При утери исходного кода проекта осуществлять контроль параметров, управление оборудованием будет невозможно. Это может повлечь возникновение аварийных ситуаций.

#### **4.6 Вывод по разделу**

В ходе работы проанализировано влияние разработанной системы на человека. Доказано, что система упрощает производственную деятельность, но при этом необходимо соблюдать меры безопасности при эксплуатации и обслуживании оборудования.

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены правовые нормы трудового законодательства применительно к условиям проекта, приведены основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны в производственных условиях для создания комфортной рабочей среды.

Помимо этого, были проанализированы вредные и опасные факторы, которые могут возникать при эксплуатации проектируемого решения, а после

чего выработаны решения, которые могут обеспечить снижение влияния этих факторов на работающих.

Также были выявлены предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате эксплуатации, предлагаемого в ВКР решения.

Проведен краткий анализ возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые могут возникнуть при эксплуатации станка, после чего разработаны превентивные меры по предупреждению возникновения этих ЧС, а также порядок действия в случае если все-таки возникли.

## **Заключение**

Результатом выполнения ВКР стала разработанная система управления станком наплавки пятников железнодорожных вагонов.

В ходе работы была разработана структурная схема автоматизированной системы, которая позволила определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов.

В процессе проектирования был проведен обоснованный выбор основных элементов установки.

Была разработана принципиальная электрическая схема системы, определяющая полный состав элементов и дающая детальное представление о принципах работы установки. Помимо этого, была подготовлена схема проводок, позволяющая понять систему передачи сигналов в шкафу и пульте управления, а также между ними. Создан чертеж шкафа управления.

Для программирования ПР200 использована программная среда OWEN Logic. Применено формальное описание алгоритма конечными автоматами, что позволило синтезировать схемы на языке FBD и воспользоваться относительно дешёвым программируемым реле взамен более дорогого промышленного контроллера ПЛК160.

Также, был разработан человеко-машинный интерфейс путем настройки экрана визуализации ПР200. Организован сетевой обмен данными между ПР200 и тремя ПЧВ1 по интерфейсу RS-485 с использованием протокола ModbusRTU.

В заключительной части была разработана САР, предназначенная для поддержания выбранного режима сварки за счет регулирования скорости подачи проволоки.

Таким образом было предложено более эффективное и экономичное решение для ремонта пятников в вагонных депо.

## **Conclusion**

The result of the final qualification work is the machine control system for automatic surfacing of the worn body center plates.

In the course of the work, a block diagram of the automated system was developed, which allowed determining the list of necessary technical equipment and the number of data and signal transmission channels.

Judicious selection of the main elements of the machine was made.

A circuit diagram of the system was developed, which allows understanding the principle of operation of the machine. In addition, a wiring diagram was prepared, which allows understanding the signal transmission system in the control cabinet, the control panel and between them.

OWEN Logic was used to program the PR200. The formal description of the algorithm by definite finite automata was applied, which allowed synthesizing schemes for the language FBD and using a relatively cheap programmable relay instead of the more expensive industrial controller PLC160.

In addition, a human-machine interface was developed by configuring the PR200 visualization screen. Network communication between a programmable relay and three frequency converters was organized over the RS-485 interface using the Modbus RTU protocol.

In the final part, the automatic control system was developed to maintain the selected welding mode by controlling the wire feed speed.

Thus, a more efficient and economical solution for the repair of the worn body center plates was proposed.

### Список публикаций студента

1. Апалишин В. С., Афанасьев Н. А. Оценка качества IGBT-модулей // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 4-7 Декабря 2017. - Томск: ТПУ, 2018 - С. 136-137;
2. Афанасьев Н. А., Апалишин В. С., Паньшин Г. Л. Разработка системы удаленного контроля доступа к жилому помещению // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 4-7 Декабря 2017. - Томск: ТПУ, 2018 - С. 135-136;
3. Апалишин В. С., Гиберт И. А., Афанасьев Н. А., Чердынцев Е. С. Разработка комплекса технических средств по испытанию погружной кабельной линии // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций "РТ-2017": материалы 13-ой Международной молодежной научно-технической конференции, Севастополь, 20-24 Ноября 2017. - Севастополь: СевГУ, 2017 - С. 241;
4. Афанасьев Н. А., Апалишин В.С., Гиберт И. А., Паньшин Г. Л. Проектирование и опытная разработка системы удаленного контроля доступа к жилому помещений // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций "РТ-2017": материалы 13-ой Международной молодежной научно-технической конференции, Севастополь, 20-24 Ноября 2017. - Севастополь: СевГУ, 2017 - С. 235;
5. Гиберт И. А., Апалишин В. С., Афанасьев Н. А., Иванов М. А. Разработка автономного приложения для расчета параметров фрезерования // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций «РТ-2017»: материалы 13-ой Международной молодежной научно-технической конференции, Севастополь, 20-24 Ноября 2017. - Севастополь: СевГУ, 2017 - С. 248;
6. Апалишин В. С., Афанасьев Н. А. IGBT-модули. Проблемы их эксплуатации и производства // Наука. Технологии. Инновации: сборник

научных трудов: в 10 т., Новосибирск, 4-8 Декабря 2017. - Новосибирск: НГТУ, 2017 - Т. 6 - С. 3-7;

7. Афанасьев Н. А., Апалишин В. С., Панышин Г. Л. Разработка системы удаленного доступа к жилому помещению для людей с ограниченными возможностями // Наука. Технологии. Инновации: сборник научных трудов: в 10 т., Новосибирск, 4-8 Декабря 2017. - Новосибирск: НГТУ, 2017 - Т. 6 - С. 22-24;

8. Афанасьев Н. А., Власов А. В., Тутов И. А. Сравнительный анализ представлений классической формы ПИ-регулятора // Труды Пятнадцатой Всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов, Томск, 17-19 Мая 2018. - Томск: НТЛ, 2018 - С. 30-34;

9. Афанасьев Н. А., Тутов И. А. Разработка и реализация цифрового частотомера на КМОП-микросхемах // Труды Пятнадцатой Всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов, Томск, 17-19 Мая 2018. - Томск: НТЛ, 2018 - С. 45-48;

10. Афанасьев Н. А., Власов А. В. Емкостный уровнемер для лабораторного стенда // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVI Международной научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 3-7 Декабря 2018. - Томск: ТПУ, 2019 - С. 307-308;

11. Журман Д. А., Афанасьев Н. А., Фадеев А. С. Настройка ПИД регулятора для БПЛА на базе микроконтроллера семейства Arduino // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVI Международной научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 3-7 Декабря 2018. - Томск: ТПУ, 2019 - С. 267-268.



### Список использованных источников

1. Загрузка вагоностроительных заводов за счет регулирования рынка подвижного состава не удастся: Ведомости [Электронный ресурс]. –URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2016/12/13/669338-zagruzka-vagonostroitelnih-zavodov-regulirovaniya> – дата обращения: 20.05.2019.
2. ГОСТ 34468-2018 Пятники грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия [Электронный ресурс]. – URL: [https://allgosts.ru/45/060/gost\\_34468-2018.pdf](https://allgosts.ru/45/060/gost_34468-2018.pdf) – дата обращения: 19.05.2019.
3. Устройство и характеристики тележки модели 18-100: Вагонник [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.xn--80adeukqag.xn--p1ai/2017/02/18-100.html> – дата обращения: 20.05.2019.
4. Бобылькова Е.А. Динамические нагрузки и износ пятникового узла грузового вагона // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2007. №17 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamicheskie-nagruzki-i-iznospyatnikovogo-uzla-gruzovogo-vagona> – дата обращения: 12.05.2019.
5. М. А. Шуйская. Инструкция по сварке и наплавке при ремонте грузовых вагонов. - М. Транспорт.: 1999. - 253 с..
6. Датчики ЧПУ станка: Техника и человек [Электронный ресурс]. – URL: <http://zewerok.ru/datchiki-chpu-stanka/> – дата обращения: 12.05.2019.
7. Индуктивный датчик. Принцип работы и подключение [Электронный ресурс]. – URL: <https://electroandi.ru/elektronika/induktivnyj-datchik-printsip-raboty-i-podklyuchenie.html> – дата обращения: 12.05.2019.
8. Руководство по эксплуатации ПР200 [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.owen.ru/product/pr200/documentation\\_and\\_software](https://www.owen.ru/product/pr200/documentation_and_software) – дата обращения: 12.05.2019.
9. ПЧВ1 и ПЧВ2 преобразователь частоты [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.owen.ru/product/preobrazovatel\\_chastoti\\_oven\\_pchv1\\_i\\_pchv](https://www.owen.ru/product/preobrazovatel_chastoti_oven_pchv1_i_pchv) – дата обращения: 12.05.2019.

10. Руководство пользователя OWEN Logic [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.owen.ru/uploads/158/rp\\_owen\\_logic\\_13.pdf](https://www.owen.ru/uploads/158/rp_owen_logic_13.pdf) – дата обращения: 12.05.2019.

11. Харрис, Д. М. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера [Электронный ресурс] / Дэвид М. Харрис и Сара Л. Харрис. - Нью-Йорк: Elsevier. inc: Изд-во MorganKaufman, 2013. - on-line. - ISBN = 978-0-12-394424-5– 1621 с.

12. Шаблон сетевого устройства OWEN ПЧВ1 и ПЧВ2: Среда программирования OWEN Logic [Электронный ресурс]. – URL: <http://ftp-ow.owen.ru/softupdate/OWEN%20Logic/OnlineMacroes/Shablon%20RS/PCHV12.pdf>– дата обращения: 12.05.2019.

13. Омеляненко К. Н. Синтез дискретно-непрерывных систем автоматического управления процессом электросварки в среде защитных газов: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.13.06. - Оренбург, 2013. - 17 с.

14. Транспорт: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/transport/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/transport/#) – дата обращения: 09.05.2019.

15. РБК [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rbc.ru/opinions/economics/26/10/2017/59f1e87a9a79470d83fc12b5> – дата обращения: 09.05.2019.

16. Оценка влияния износа пятникового узла на динамику грузового вагона в эксплуатации сочетанием динамического и конечноэлементного анализа [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.mssoftware.ru/docs/conf/forum2015/stend/03\\_INTEGRAL\\_Dubinin\\_Gilyazhev.pdf](http://www.mssoftware.ru/docs/conf/forum2015/stend/03_INTEGRAL_Dubinin_Gilyazhev.pdf) – дата обращения: 12.05.2019.

17. Патент РФ № 2013101863/02, 15.01.2013. Титов Н. В., Литовченко Н. Н., Коротков В.Н., Коломейченко А. В., Виноградов В. В. Способ упрочнения деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания.

Патент России № 2 532 602. 2014. Бюл. № 31. [Электронный ресурс]. – URL: [https://patents.s3.yandex.net/RU2532602C2\\_20141110.pdf](https://patents.s3.yandex.net/RU2532602C2_20141110.pdf) – дата обращения: 12.05.2019.

18. Технологическая инструкция «Ремонт сваркой и износостойкой наплавкой пятника рам грузовых вагонов». ТИ-ТНП-2010[Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vniizht.ru/?id=140>– дата обращения: 12.05.2019.

19. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200005187> – дата обращения: 12.05.2019.

20. Патент РФ № 96112314/02, 24.06.1996.Козубенко И.Д., Родионов Ю.С., Ибяттов Р.А. Способ восстановления пятника вагона. Патент России №2 100 159. 1997 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2180879> – дата обращения: 12.05.2019.

21. Патент РФ № 3722813, 12.04.1984.Драбович Ю.И., Лебедев А. В. Устройство для автоматического регулирования скорости подачи электродной проволоки. Патент России №1 201 080. 1985 [Электронный ресурс]. – URL: [https://patents.s3.yandex.net/RU149598U1\\_20150110.pdf](https://patents.s3.yandex.net/RU149598U1_20150110.pdf)– дата обращения: 12.05.2019.

22. Патент РФ № 2009131372/22, 17.08.2009. Вохмин Г. А., Черняев А. В., Моржевилов Ф. Н. Наплавочная установка пятников. Патент России №89435. 2009 [Электронный ресурс]. – URL: [https://patents.s3.yandex.net/RU89435U1\\_20091210.pdf](https://patents.s3.yandex.net/RU89435U1_20091210.pdf) – дата обращения: 12.05.2019.

23. Патент РФ № 2006114662/22, 02.05.2006. Самарин А.М., Бульканов С. А., Пахомов В.С. Станок для автоматической электродуговой наплавки деталей. Патент России № 57181. 2006 [Электронный ресурс]. – URL: [https://patents.s3.yandex.net/RU57181U1\\_20061010.pdf](https://patents.s3.yandex.net/RU57181U1_20061010.pdf) – дата обращения: 12.05.2019.

24. Вагоноремонт между ценой и качеством: Информационное

агентство РЖД партнёр [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/vagonoremont-mezhdu-tsenoi-i-kachestvom/> – дата обращения: 12.05.2019.

25. Вагонные парки: итоги 9 месяцев 2018 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://f-husainov.livejournal.com/605819.html> – дата обращения: 12.05.2019.

26. Операторы железных дорог [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.transportsense.ru/transens-369-1.html> – дата обращения: 12.05.2019.

27. Парк вагонов железнодорожных операторов России: Информационно-аналитическое агентство Infoline [Электронный ресурс]. – URL: <https://infoline.spb.ru/> – дата обращения: 12.05.2019.

28. Железнодорожное машиностроение: РБК+ [Электронный ресурс]. – URL: <https://plus.rbc.ru/news/59a5c5f07a8aa95fad0cc6d6> – дата обращения: 12.05.2019.

29. ВНТП 08-90. Нормы технологического проектирования депо по ремонту грузовых вагонов [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293838/4293838600.htm> – дата обращения: 12.05.2019.

30. Динамика закупки, списания и общего парка грузовых вагонов: Совет потребителей по вопросам деятельности ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.open-rzd.ru/analitika/gruzovye-perevozki/pokazateli-raboty-16/> – дата обращения: 12.05.2019.

31. СМИ об РЖД: РЖД Пресс-центр. [Электронный ресурс]. – URL: [http://press.rzd.ru/smi/public/ru?STRUCTURE\\_ID=2&layer\\_id=5050&refererLayerId=5049&id=306552](http://press.rzd.ru/smi/public/ru?STRUCTURE_ID=2&layer_id=5050&refererLayerId=5049&id=306552) – дата обращения: 12.05.2019.

32. О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования. Федеральный закон от 24.07.2009 N 212-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_89925/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89925/) – дата обращения:

12.05.2019.

33. ГОСТ 12.0.002-2014 ССБТ. Термины и определения.

34. Международный стандарт IC CSR-08260008000 «Социальная ответственность организации. Требования» М.: ВОК, – 2011, – 36 с.

35. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12. 2001 г. № 197–ФЗ (ред. от 01.04.2019 г.). – М., 2015. – 123 с.

36. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». – введ. 1996 – 10 – 01. – Москва Минздрав России, 2001. – 20 с.

37. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

38. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

39. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Взамен ГОСТ 12.0.003 — 74; введ. 2017 – 03 – 01. – Москва Стандартинформ, 2016. – 9 с.

40. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

41. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

42. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.

43. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.

44. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

45. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

46. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

47. ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

48. ГОСТ 12.4.011-89 Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – Взамен ГОСТ 12.4.011-87; введ. 1990 – 06 – 30. – Москва ИПК Издательство стандартов, 2004. – 7 с.

49. СП 1009-73 Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов.

50. ГОСТ Р 54612-2011 Вагоны пассажирские локомотивной тяги и мотор-вагонный подвижной состав. Требования к обмывке и очистке.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(обязательное)

### **Структурная схема**

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

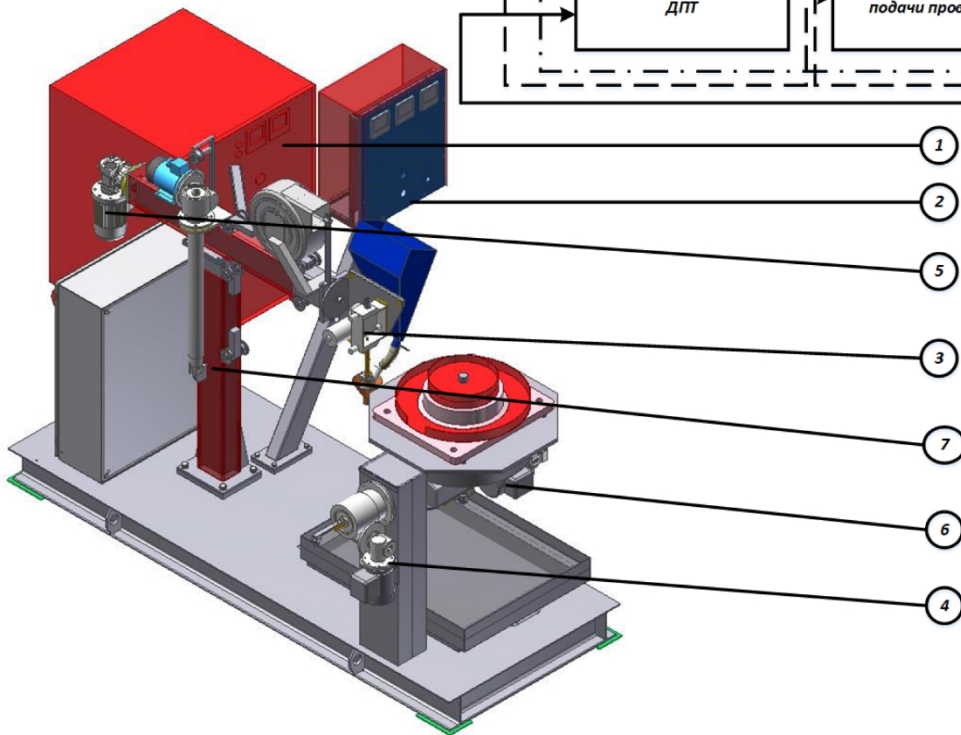
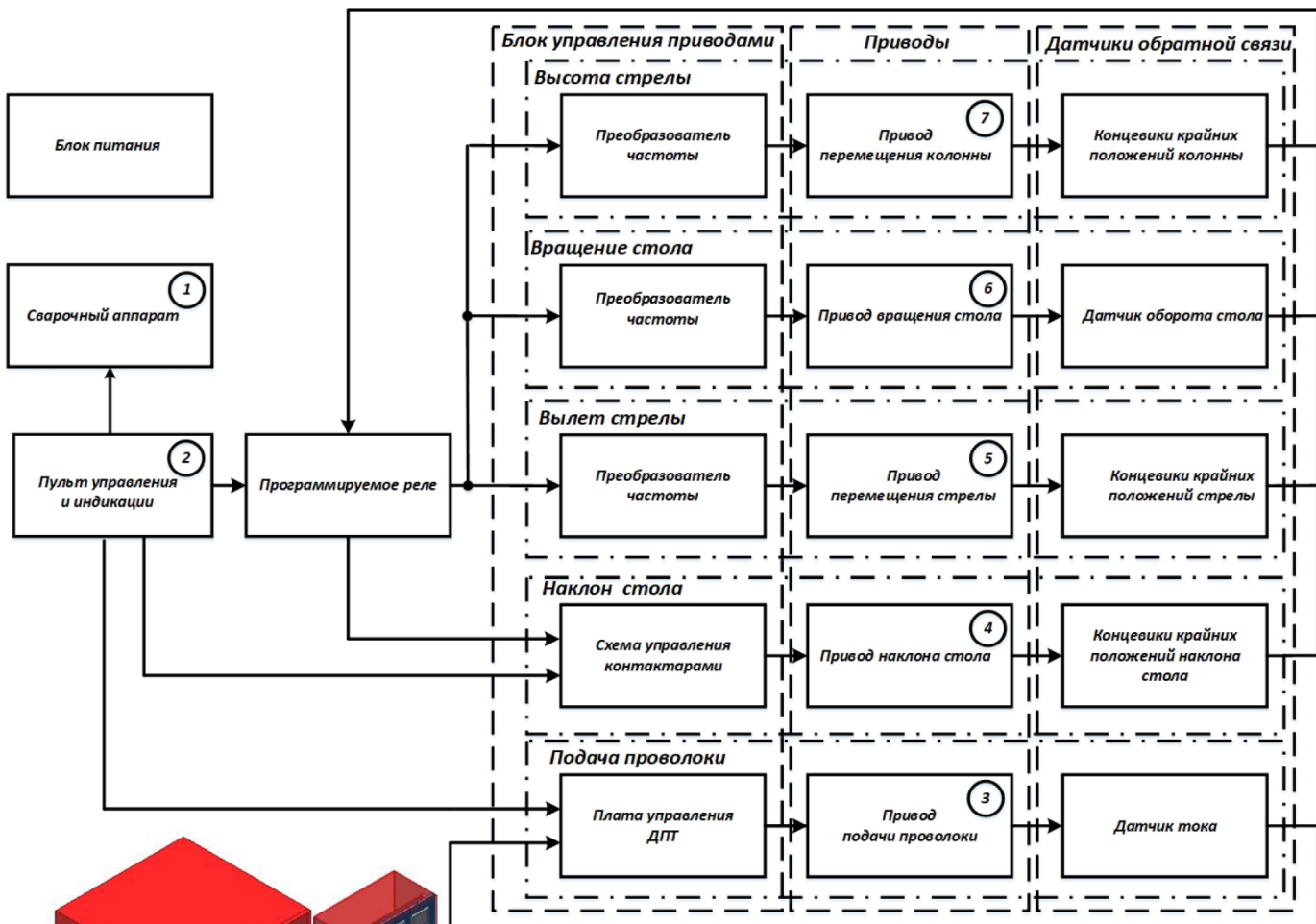
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА.425280.001



ФЮРА.425280.001

Структурная  
схема

Лит.		Масса		Масштаб	
У					
Лист			Листов		
ТПУ Группа 8Т5Б					

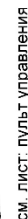
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Афанасьев		
Пров.		Тумов		
Т. контр.				
Нач. отд.				
Н. контр.				
Утв.				



## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

(обязательное)

### **Схема проводок шкафа управления**



\* Аналоговый вход использован в режиме дискретного ввода

Лист.	Масса	Масштаб
4		
Лист	Листов	

ТПУ  
Группа 8Т5Б

## **ПРИЛОЖЕНИЕ В**

**(обязательное)**

### **Схема проводок пульта управления**

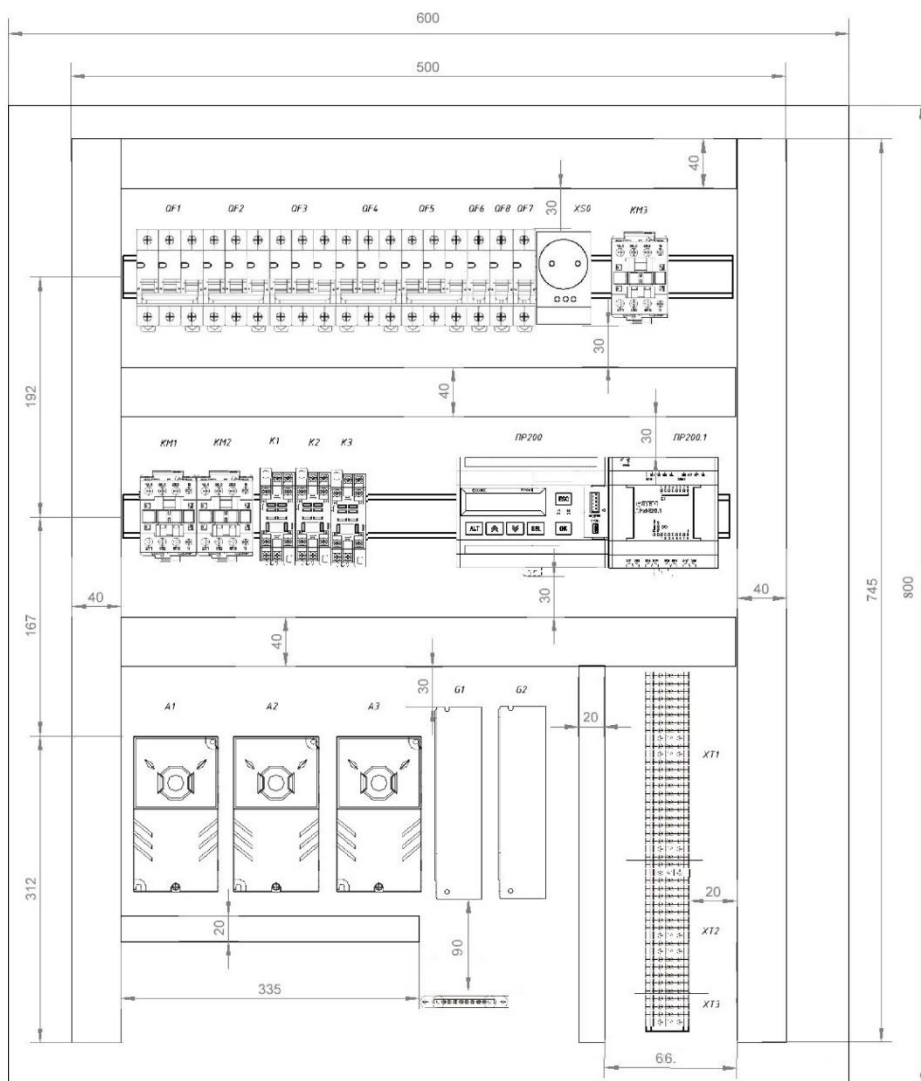


## **ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

**(обязательное)**

### **Чертеж силового шкафа**

Инв. № подл.



ФЮРА.425280.004

Шкаф силовий

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Афанасьев		
Пров.		Туртов		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Учтв.				

Лист		Масса	Масштаб
4			
Лист		Листов	
ТПУ Группа 8Т5Б			

(обязательное)

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

### Входы/выходы ПР и соответствующие им переменные

Имя входа/ выхода	Имя переменной	Комментарий
I1	turn	Оборот поворотного стола
I2	SA up	Крайнее верхнее положение привода вертикальных перемещений
I3	SA down	Крайнее нижнее положение привода вертикальных перемещений
I4	SA centr	Достижение края поворотного стола
I5	SA edge	Противоположное крайнее положения привода горизонтальных перемещений
I6	enc	Оборот горизонтального привода
I7	JT: right	Правое положение джойстика управления положением стола (вращение по часовой стрелке)
I8	JT: left	Левое положение джойстика управления положением стола (вращение против часовой стрелки)
AI1	lspeed	Скорость вращения стола
AI2	stepsize	Шаг наплавки
AI3	T: centr	Левое положение тумблера задания направления автоматической наплавки (используется как дискретный вход)
AI4	T: edge	Правое положение тумблера задания направления автоматической наплавки (используется как дискретный вход)
Q1	H	Режим наплавки
Q2	HL	Индикатор режима работы
Q3	Welder	Пуск наплавки сварочного аппарата



## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(обязательное)

### Входы/выходы ПРМ и соответствующие им переменные

Имя входа/ выхода	Имя переменной	Комментарий
I1	J: up	Верхнее положение джойстика управления положением сварочной головки
I2	J: down	Нижнее положение джойстика управления положением сварочной головки
I3	J: centr	Левое положение джойстика управления положением сварочной головки
I4	J: edge	Правое положение джойстика управления положением сварочной головки
I5	J: press	Кнопка джойстика управления положением сварочной головки
I6	Пуск	Кнопка «Пуск» автоматической наплавки
I7	Стоп	Кнопка «Стоп» автоматической наплавки

## ПРИЛОЖЕНИЕ К

(обязательное)

### Локальные и сетевые переменные

Имя	Вид	Комментарий
Авария	Локальная	Выход из строя джойстика управления положением сварочной головки или тумблера задания направления автоматической наплавки
return		Возврат наплавочной головки в крайнее положение горизонтального привода после завершения её автономных перемещений
radius		Горизонтальное положение наплавочной головки относительно центра поворотного стола
A		Установка находится в режиме автокалибровки
Вкл A		Включение процедуры автокалибровки
Конец A		Завершение процедуры автокалибровки
P		Ручной режим работы установки
Sv	Сетевая выходная	Скорость движения вертикального привода
Cmd: startv		Разрешение вертикального движения
Cmd: up		Направление движения вертикального привода
Sg		Скорость движения горизонтального привода
Cmd: startg		Разрешение горизонтального движения
Cmd: centr		Направление движения горизонтально привода – к центру
rspeed		Скорость вращения стола
JT: right		Направление вращения стола – по часовой стрелке
JT: left		Направление вращения стола – против часовой стрелки

**ПРИЛОЖЕНИЕ Л**  
**(обязательное)**  
**Схема управления ДПТ**

ФЮРА.425280.005

Перв. примен.

Справ. №

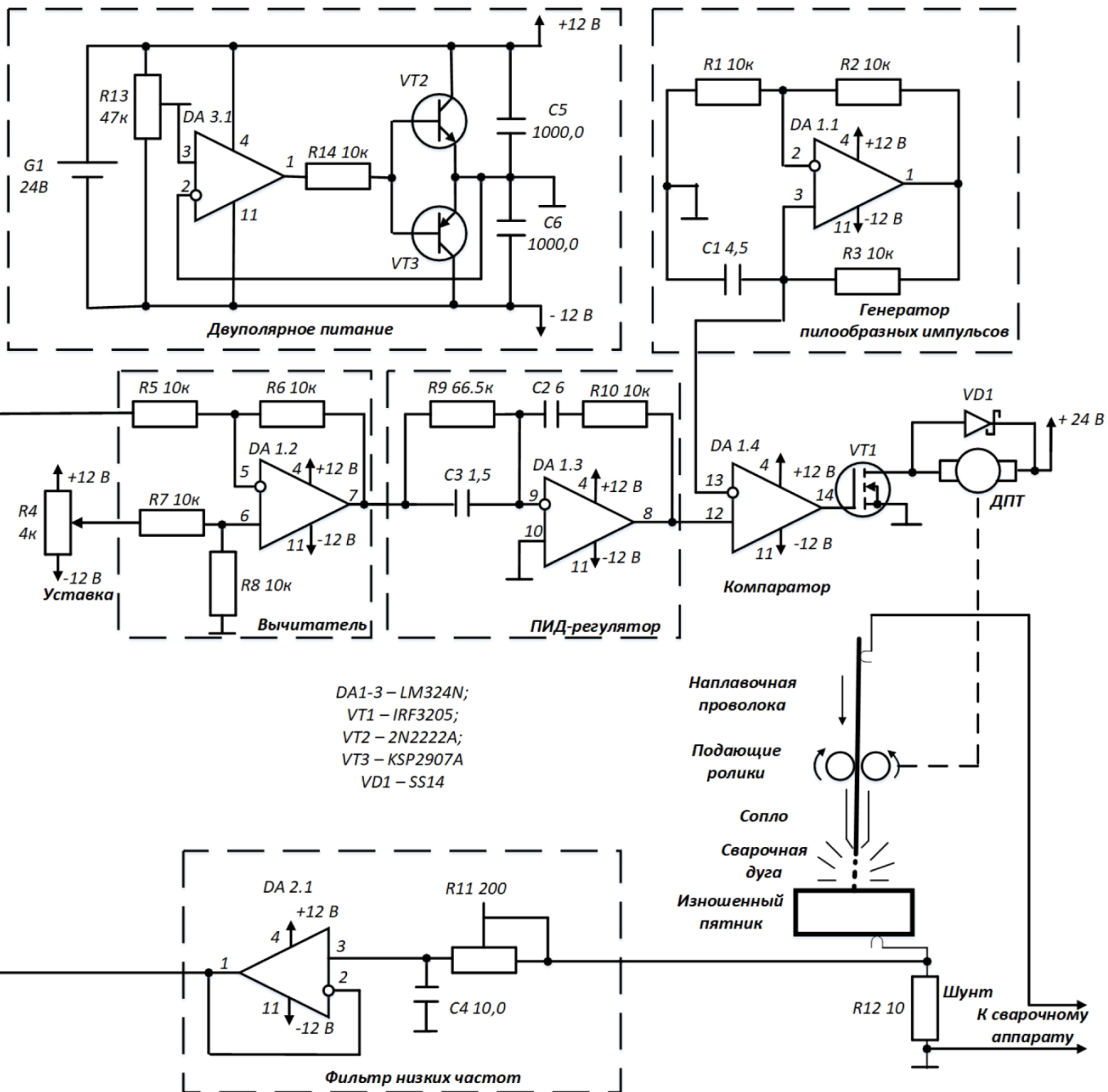
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



ФЮРА.425280.005

Схема управления  
ДПТ

Лит.			Масса	Масштаб
У				
Лист			Листов	
ТПУ Группа 8Т5Б				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Афанасьев		
Пров.		Туттов И.А.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				